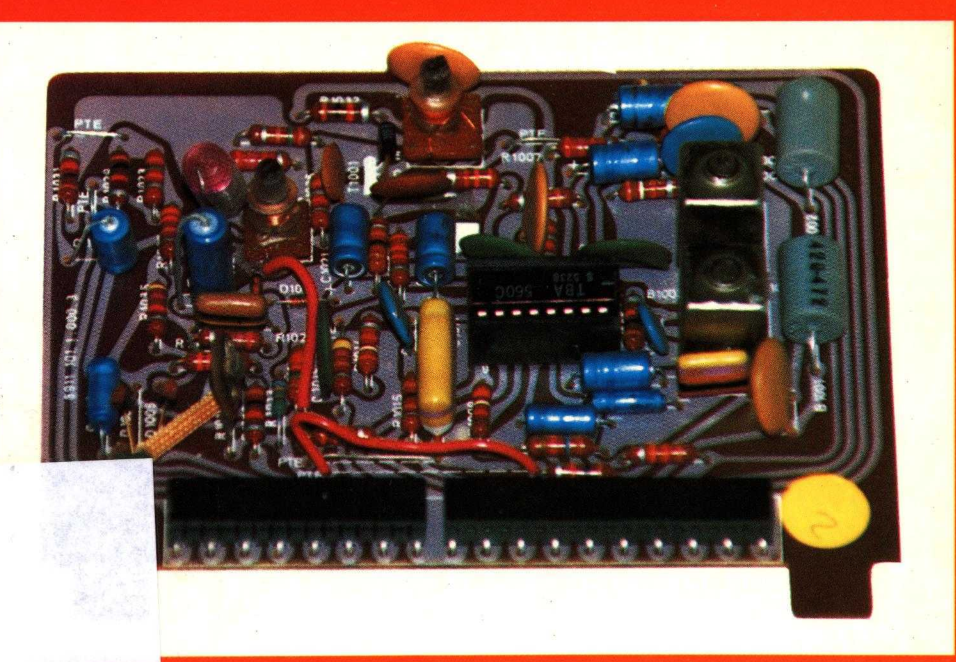
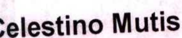
ELECTRONICA FUNDAMENTAL 3

Teoría y práctica. Desde la válvula hasta el circuito integrado

TEORIA: Amplificadores

PRACTICA: Sonido. Altavoces y micrófonos
Características de válvulas amplificadoras
Montaje de amplificadores de alta y baja frecuencia







J. Mª Angulo

José M.ª Angulo Usategui

Dr. Ingeniero Industrial

ELECTRONICA FUNDAMENTAL 3

TEORIA Y PRACTICA. DESDE LA VALVULA HASTA EL CIRCUITO INTEGRADO

TEORIA: **Amplificadores.**

PRACTICA: **Sonido. Altavoces y micrófonos.**
Características de válvulas amplificadoras.
Montaje de amplificadores de alta y baja frecuencia.

SEXTA EDICION



1991

INDICE

APENDICES

PROLOGO

El fin que persigue esta obra es constituir un Curso Básico de Electróni- ca, tanto en el aspecto teórico como en el práctico. Para conseguirlo se ha tratado de dar una explicación física de los fenómenos eléctricos y electró- nicos, textual y gráficamente, para hacerlo más asequible a los que desco- nocen totalmente esta técnica. Por este motivo, se han eliminado los plan- teamientos matemáticos complejos, usando exclusivamente las operacio- nes numéricas más elementales.

El curso completo consta de siete tomos y el temario teórico y práctico que contiene cada uno es el siguiente:

Tomo 1. *Teoría:* Introducción a la Electrónica. Electricidad.

Práctica: Soldadura y montajes eléctricos. El aparato de medi- da. Componentes eléctricos y electrónicos.

Tomo 2. *Teoría:* Fuentes de alimentación. Rectificadores y filtros.

Práctica: Características de las válvulas y diodos semiconducto- res. Montaje de fuentes de alimentación.

Tomo 3. *Teoría:* Amplificadores.

Práctica: Sonido, altavoces y micrófonos. Características de las válvulas amplificadoras. Amplificadores de baja y alta fre- cuencia.

Tomo 4. *Teoría:* Generadores de señales. Osciladores. Receptor super- heterodino de A.M.

Práctica: Montaje, ajuste y averías de un receptor de radio.

Tomo 5. *Teoría:* Diodos, transistores y semiconductores especiales.

Práctica: Experimentación y montajes sobre circuitos con tran- sistores semiconductores especiales.

Tomo 6. *Teoría:* Circuitos integrados digitales y analógicos. El micro- procesador. Hardware y software del microprocesador 8085.

Práctica: Montajes y experimentación con circuitos integrados analógicos y digitales. Programación del microprocesado 8085.

Tomo 7. *Problemas de electrónica resueltos y con soluciones).* Presentación y resolución de varios cientos de problemas sobre Electricidad Electrónica con válvulas de vacío, Electrónica con transistores y semiconductores, Circuitos integrados analógicos, Circuitos integrados digitales y Microprocesadores (8085).

El ofrecer la obra en varios tomos tiene una doble finalidad: En primer lugar, escalonar el estudio de una forma metódica y sencilla, procurando que cada libro muestre un tema completo e independiente, que facilite una progresiva introducción a la Electrónica de forma poco costosa. En segundo lugar, esta colección permite la adquisición o consulta del tema que interese de forma económica y simple, dado el racional desglose de las materias.

El autor

Primera Parte

Teoría

Amplificadores

LECCION 1

LA VALVULA TRIODO

INTRODUCCION AL AMPLIFICADOR

Una vez estudiada la rectificación con diodos, la segunda parte de la Electrónica trata de los amplificadores, que son los circuitos encargados de elevar la magnitud de las señales que a ellos se les aplica. El circuito sinóptico de un amplificador es el que se muestra en la figura 1-1.

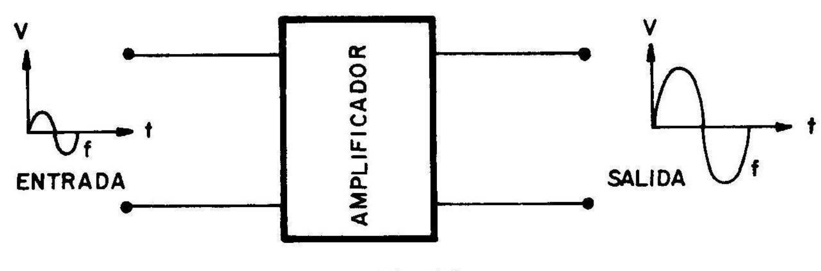


Fig. 1-1

La señal pequeña aplicada a la entrada del amplificador se transforma en otra varias veces mayor, después de pasar por él. En el ejemplo de la figura 1-1 se observa el efecto amplificador sobre una señal de tensión, pero también se pueden amplificar intensidades y potencias.

Para amplificar una señal se requiere una válvula de vacío o un transistor, por lo que su circuito es típicamente electrónico. En un principio se estudian en este libro los amplificadores con válvulas de vacío.

El tema más importante de la electrónica, por su extensa utilización, es el de los amplificadores, ya que en la mayoría de las aplicaciones en que se usan circuitos electrónicos se parte de señales muy débiles que es preciso amplificar adecuadamente para que puedan excitar la carga final.

EL TRIODO

Es la válvula más sencilla que se usa como amplificadora y fue construida en 1906 por Lee de Forest. Es muy parecida al diodo, diferenciándose de él en que tiene entre cátodo y ánodo un alambre arrollado en espiral que se denomina «rejilla de control» o «de mando», cuya misión es la de regular la cantidad de electrones que pasan del cátodo al ánodo, función que representa el verdadero cometido de las válvulas. Este nuevo electrodo del triodo —la rejilla de control— está situado mucho más cerca del cátodo que de la placa, como queda indicado en la figura 1-2 junto con el símbolo que se usa en los esquemas para esta válvula.

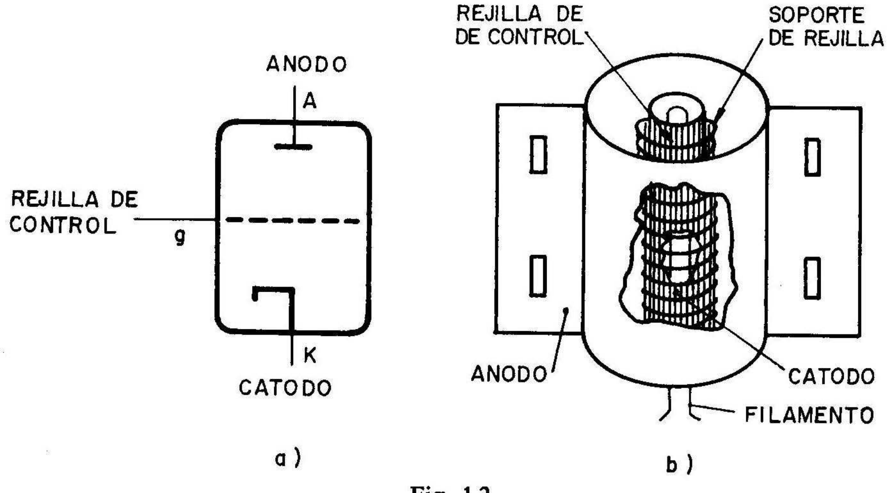


Fig. 1-2

Para evitar cortocircuitos de la rejilla de control con los demás componentes del interior de la válvula, aquélla se enrolla en espiral sobre dos soportes aislantes, situados cerca del cátodo, según se detalla en la figura 1-3.

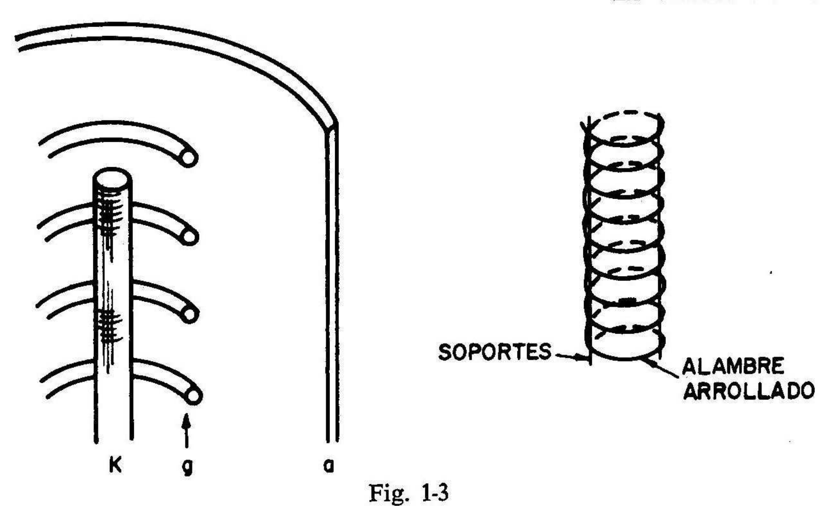


Fig. 1-3

FUNCIONAMIENTO DEL TRIODO

El nombre que reciben los componentes electrónicos denominados «válvulas» se debe a que su misión consiste en controlar y regular el paso de electrones entre el cátodo y el ánodo.

Si a la rejilla de control de un triodo no se le aplica tensión la válvula se comporta como diodo, pues aunque hay algunos electrones que en su camino hacia el ánodo chocan contra ella y regresan al cátodo, su número es despreciable.

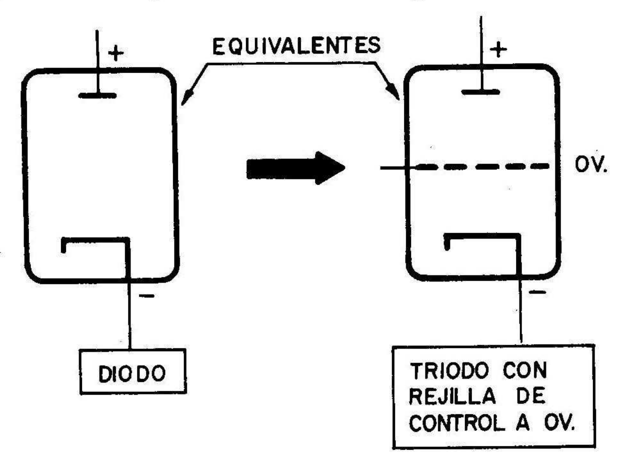


Fig. 1-4

El funcionamiento de un triodo comienza calentando su filamento para que el cátodo pueda emitir termiónicamente electrones. Haciendo muy positiva la placa, atraerá los electrones despedidos por el cátodo y que forman la carga espacial. Como la rejilla de control está intercalada entre los dos electrodos principales de la válvula, la cantidad de electrones que pasan al ánodo será tanto menor cuanto más negativa se haga la rejilla; luego, el efecto de ésta es repeler los electrones que salen del cátodo y evitar que lleguen al ánodo.

La tensión negativa de la rejilla de control es muy pequeña comparada con la que tiene el ánodo, puesto que su efecto repulsivo es notablemente superior al de atracción de la placa, al estar situada mucho más cerca del cátodo emisor. Se comprende pues que con tensiones negativas de sólo algunos voltios en la rejilla la corriente que circula por la válvula sea nula, debido a la enorme fuerza repulsiva producida.

En la figura 1-5 se muestra el esquema básico del funcionamiento de un triodo, con una elevada polarización positiva en la placa y una tensión negativa pequeña y variable en la rejilla, que en definitiva va a ser la encargada de regular la corriente I_a que circula entre cátodo y ánodo.

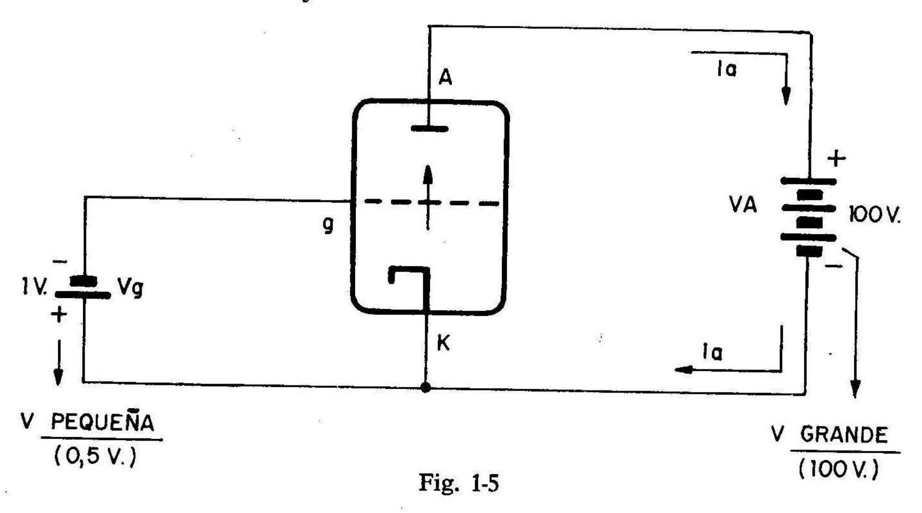


Fig. 1-5

INFLUENCIA DE LA REJILLA EN LA CIRCULACION DE ELECTRONES

Manteniendo constante la tensión de la placa, por ejemplo en 100 V, y variando ligeramente la tensión negativa de la rejilla de

control, el número de electrones que absorbe la placa de la carga espacial que rodea el cátodo varía también bastante. Supongamos el siguiente caso de funcionamiento de un triodo:

a) Tensión de rejilla —0,5 V, intensidad de ánodo 10 mA.
b) Tensión de rejilla —0,6 V, intensidad de ánodo 3 mA.
c) Tensión de rejilla —1 V, intensidad de ánodo 0 mA.

Se esquematizan los 3 casos de funcionamiento de la válvula del ejemplo anterior en la figura 1-6, en la que se observa que cuando la rejilla es 1 V negativa repele con tanta fuerza a los electrones que no deja pasar ninguno hacia la placa.

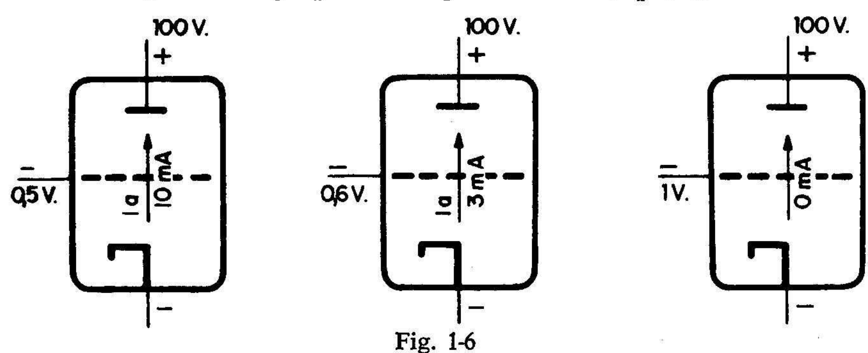


Fig. 1-6

Nunca debe ser positiva la rejilla de control, puesto que entonces absorbería también electrones, disminuyendo la corriente de ánodo, que es la de utilización exterior y, por tanto, la que interesa que sea máxima en todo momento. Por otro lado, la absorción de corriente por parte de la rejilla supondría un consumo de potencia innecesario.

A la tensión negativa mínima con la cual la rejilla de control impide el paso de corriente entre cátodo y ánodo se la denomina «tensión de corte» y depende también de la que tenga aplicada la placa.

SIMIL DEL FUNCIONAMIENTO DEL TRIODO

Para obtener una idea visual de la variación de los campos eléctricos y sus efectos sobre el comportamiento de los electrones que se dirigen del cátodo al ánodo se utiliza una membrana elástica sujeta a un cuadro metálico, semejante a la cama elástica que usan los atletas, y se dibujan en planta sobre dicha membrana los tres electrodos del triodo: cátodo, *k;* rejilla, *g* y ánodo, *a,* como se muestra en la figura 1-7.

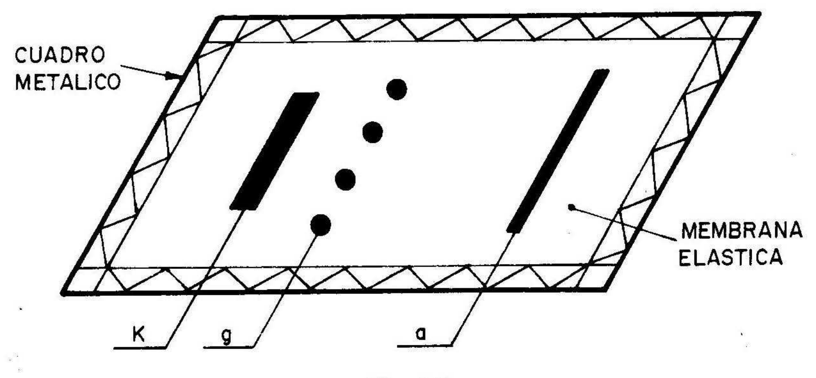


Fig. 1-7

A continuación se supone que cada electrodo actúa sobre la membrana con un peso equivalente a su potencial eléctrico; así, el cátodo, que suele tener 0 V, se supone que no tiene peso, con lo que la superficie de la membrana que lo representa queda horizontal. Si el ánodo está polarizado con un potencial positivo de 200 V, se hundirá apreciablemente la membrana, pues equivaldrá a un peso de 200 Kg. Por último, la rejilla tiene tensión negativa y su peso también será negativo; si por ejemplo tiene — 10 V, su peso será de — 10 Kg., por lo que en consecuencia hay que elevar la membrana proporcionalmente al voltaje negativo. Para ello utilizaremos una especie de tenedor que eleve la posición de la rejilla de control, como se muestra en la figura 1-8.

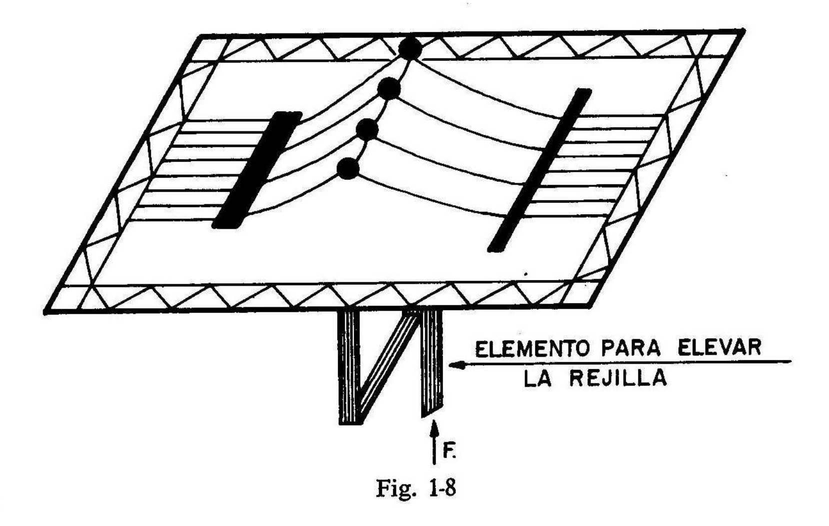


Fig. 1-8

Los electrones están simulados por bolitas que desprende el cátodo con poca velocidad, estando afectados sus desplazamientos por las diferentes pendientes que existen en la membrana, según la figura 1-9.



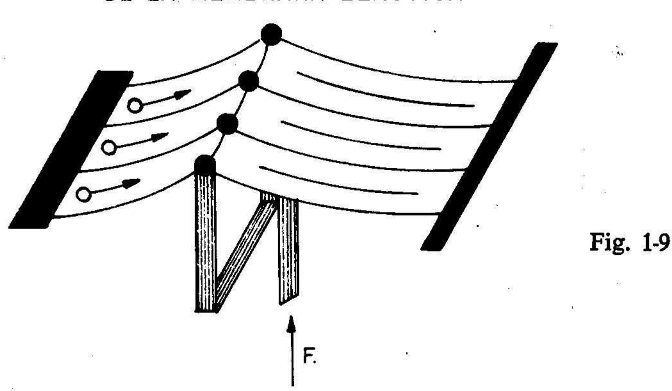


Fig. 1-9

Al salir del cátodo las bolas representativas de los electrones se encuentran con una rampa, proporcional a la tensión negativa de la rejilla, que deben superar para alcanzar la gran pendiente hacia abajo entre rejilla y placa, que las acelerará fuertemente.

El movimiento de los electrones en el triodo, bajo la influencia de los campos eléctricos creados por los electrodos de la válvula, según la figura 1-10, es análogo al de las bolas que se mueven por la membrana deformada.

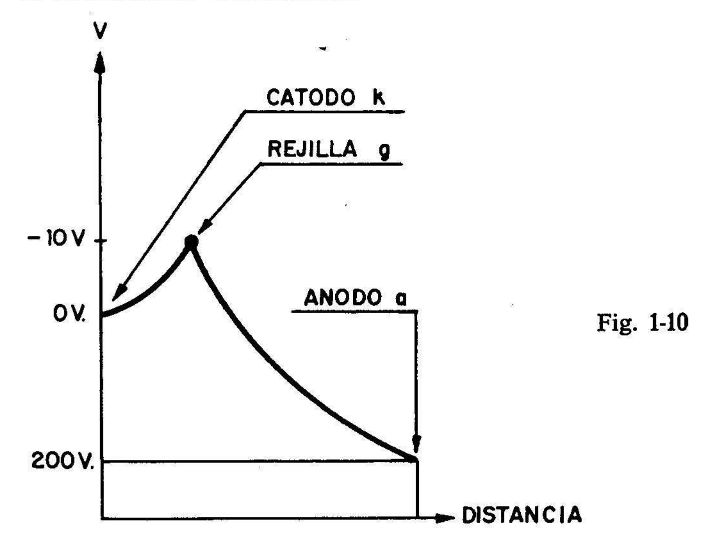


Fig. 1-10

En la figura 1-11 se presentan los tres casos posibles en que puede actuar la rejilla de control:

A) Tensión de polarización de rejilla negativa: Se comprende que cuando mayor sea dicha polarización menor será el número de electrones que llegan a la placa.

B) Tensión de rejilla nula: Se considera que prácticamente todos los electrones llegan al ánodo.

C) Tensión positiva en la rejilla de control: Atrae y capta algunos de los electrones emitidos por el cátodo, dando lugar a la denominada «corriente de rejilla». No se usa este tipo de funcionamiento.

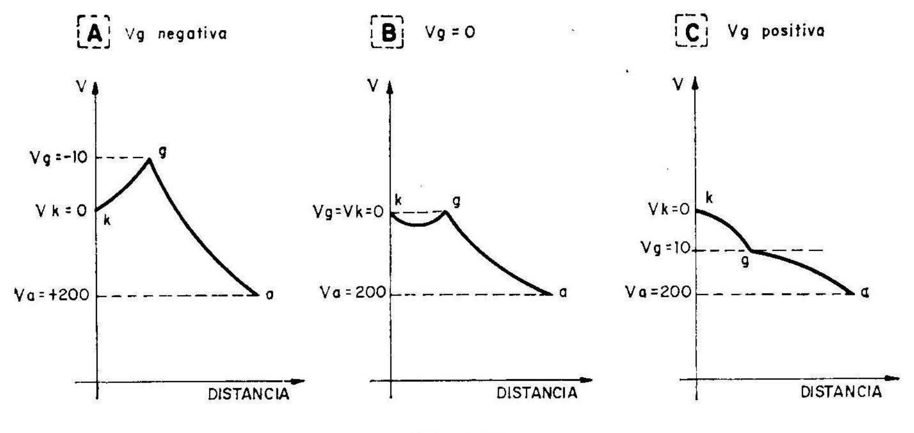


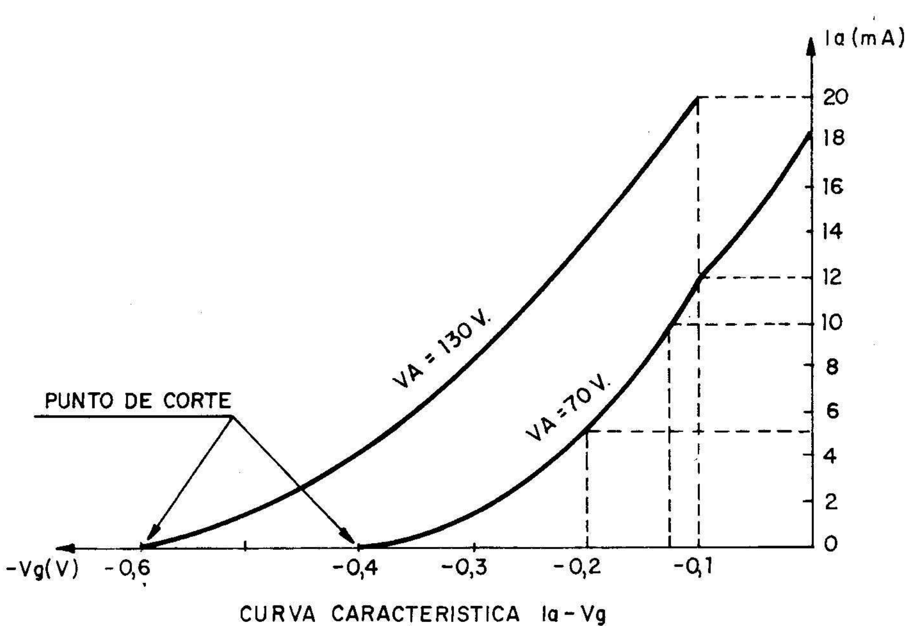
Fig. 1-11

Los tres casos comentados están representados en la figura 1-11, mostrando en cada uno de ellos la curva del campo eléctrico para una tensión fija de 200 V en la placa.

CURVA CARACTERISTICA DE UN TRIODO

Una de las curvas más importantes de funcionamiento del triodo es la que presenta la intensidad que llega al ánodo, según la tensión negativa que posea la rejilla de control, con una tensión fija en la placa o ánodo. A ésta se le llama «curva característica estática de rejilla».

En la figura 1-12 hay dos curvas de este tipo: una corresponde a la tensión de 70 V, en la placa; la otra, a una tensión de 130 V.

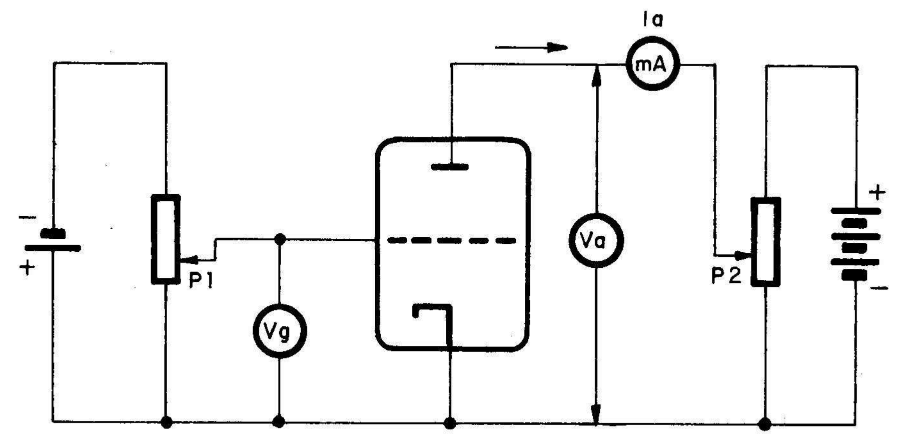


CURVA CARACTERISTICA Ia - Vg

Fig. 1-12

La zona curva de estas características indica que el triodo no sigue la ley de Ohm y, por tanto, no es equivalente a una resistencia fija. El punto de corte de la curva correspondiente a 70 V en placa es — 0,4 y el de la de 130 V es de — 0,6 V.

En la figura 1-13 se observa el montaje necesario para la realización de estas curvas características, debiendo conseguir mantener constante la tensión V_a con el potenciómetro P_2 ante las variaciones que se producirán en V_g al mover P_1, con lo que se producirán las correspondientes variaciones de la corriente I_a.



MONTAJE PARA OBTENER LAS CURVAS CARACTERISTICAS DE UN TRIODO

Fig. 1-13

EJERCICIOS DE LA LECCION 1.ª

Marcar con un aspa la respuesta correcta.

1.ª PREGUNTA. — La diferencia entre un diodo y un triodo consiste:

a) En que el diodo tiene dos filamentos y el triodo tres.
b) En que el triodo amplifica algo más que el diodo.
c) En que el triodo tiene una rejilla de control además de los electrodos que tiene el diodo.

2.ª PREGUNTA. — La rejilla de control en un triodo sirve para:

a) Controlar los electrones que salen del cátodo.
b) Absorber parte de los electrones que salen del cátodo.
c) Regular la corriente electrónica que circula de cátodo a placa.

3.ª PREGUNTA. — Se llama tensión de corte a:

a) La que se aplica al ánodo para recibir la mayor cantidad de electrones.
b) La que se aplica a la rejilla para que deje pasar la mayor cantidad de electrones.
c) La que se aplica a la rejilla para que no deje pasar ningún electrón hacia la placa.

4.ª PREGUNTA. — Cuanto más negativa es la rejilla de control en un triodo:

a) Mayor atracción presenta la placa.
b) Menos electrones llegan al ánodo.
c) Menos electrones emite el cátodo.

5.ª PREGUNTA. — La rejilla de control no ha de hacerse positiva, porque:

a) Aumenta la cantidad de electrones que llegan a la placa.
b) Absorbe electrones y consume cierta potencia innecesaria.
c) Se pierde inútilmente dicha polarización positiva.

LECCION 2

LA AMPLIFICACION

COMO AMPLIFICA UNA VALVULA TRIODO

La comprensión de la forma en que un triodo logra la amplificación de una señal se logra disponiendo de los siguientes datos:

1.°) La curva característica estática de dicha válvula, que ya se estudió en la lección anterior y que sirve para relacionar los valores de I_a y V_g para una determinada tensión de placa V_a.

2.°) La resistencia que se coloca en la válvula, en serie con la placa. Para que amplifique un triodo hay que conectar entre el ánodo y la fuente de alimentación que lo polariza una resistencia llamada «de carga», de cuyo valor dependerá la amplificación.

3.°) La tensión continua que alimenta la placa de la válvula y con la que debemos tener construida la curva característica del primer apartado.

4.°) La tensión negativa que constantemente tiene aplicada la rejilla de control para que la válvula trabaje en la zona central de su curva característica y que aproximadamente coincide con la tensión correspondiente al punto medio de la curva, llamado «punto de reposo». Interesa que la válvula tenga su zona de trabajo en esta zona porque en ella la curva es casi lineal y existe proporcionalidad entre las variaciones de la tensión de rejilla y las de la corriente de placa.

En la figura 2-1 se presenta un circuito amplificador con un triodo, junto con su curva característica, en la que se va a analizar el valor y el modo en que se produce la amplificación.

Ia(mA)

SATURACION

70

60

50

40

30

20

10

0

ZONA LINEAL

Va = 100 V.

a)

PUNTO DE CORTE

Vg(V) -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1

CURVA CARACTERISTICA

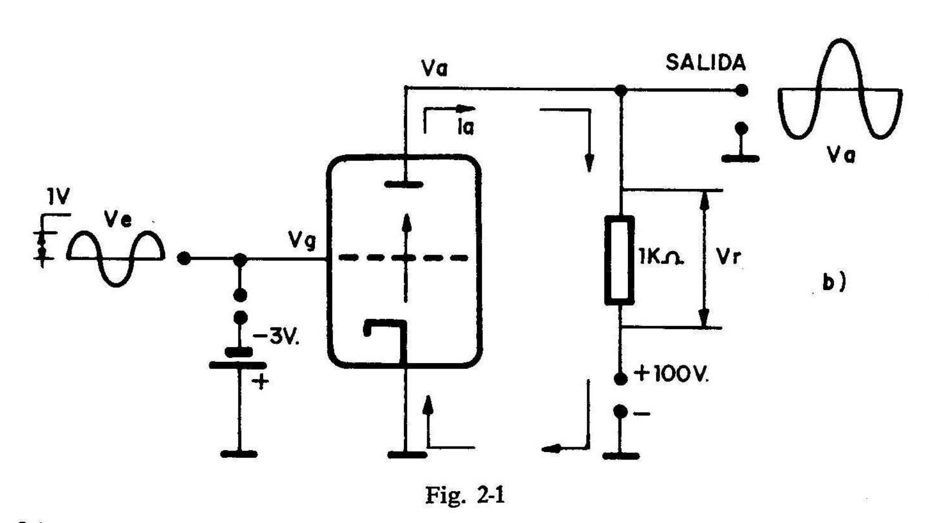


Fig. 2-1

La corriente I_a circula por la válvula y luego por la resistencia de carga, que en el ejemplo de la figura 2-1 es de 1.000 Ω, y después de pasar por la pila de 100 V que alimenta la placa regresa de nuevo al cátodo a través de tierra. En la pila la corriente penetra por el polo positivo y sale por el negativo.

Los 100 V de alimentación están aplicados a la válvula y a la resistencia de carga R_c, que por estar en serie se reparten ese potencial, cumpliendo la siguiente ecuación:

$$100\ V = V_{valv} + V_{res} = V_a + V_r$$

La tensión de salida del circuito es la de la válvula, o sea, la que existe entre ánodo y cátodo, y puesto que este último electrodo está a tierra ó 0 V, la tensión de salida será la del ánodo, que se representa por V_a.

La tensión que absorbe la resistencia de carga V_r no se aprovecha, disipándose la potencia en forma de calor, siendo su valor, según la ley de Ohm, $V_r = I_a \cdot R_c = I_a \cdot 1.000$

Se puede deducir de lo expuesto que la tensión de salida viene dada por la siguiente expresión:

$$V_a + V_r = 100 \quad ; \quad V_a = 100 - V_r = 100 - I_a \cdot 1000$$

En la figura 2-1, b, se aprecia que la rejilla de control está polarizada con una tensión fija de —3 V, con objeto de que el triodo trabaje aproximadamente en la parte central de la curva característica, habiéndose elegido una tensión que es casi la mitad que la de corte, que en este ejemplo vale —7 V.

Supongamos que a la rejilla de control, además de la tensión fija de —3 V, se le aplica una señal para que sea amplificada por la válvula. En la figura 2-1, b, esta señal está representada por una sinusoide de 1 V de valor de pico.

Se trata de calcular cuánto y cómo varía la tensión de salida del amplificador al hacerlo la tensión de entrada, que es la que se aplica a la rejilla de control, junto con la polarización fija correspondiente al punto de reposo.

La relación entre la variación de la tensión de salida, que es la de ánodo, y la correspondiente de la tensión de entrada, que es la de rejilla, nos dará el número de veces que amplifica la tensión este circuito, dato para cuyo cálculo se necesita conocer los puntos de trabajo del circuito: el primero de ellos será cuando la válvula trabaja en «reposo», es decir, cuando la única tensión

existente en la rejilla de control son los — 3 V producidos por la polarización fija; el segundo, cuando además de los — 3 V se le aplica una tensión cualquiera, por ejemplo cuando se introduce 1 V positivo que coincide con el valor de pico de la señal que se desea amplificar en el ejemplo de la figura 2-1, *b*.

A) Funcionamiento del circuito en el punto de reposo.

Tensión de entrada, $V_e = 0$ *V*.

Tensión de la rejilla de control, $V_g = -3$ V.

Intensidad que circula por el ánodo en este punto, $I_a = 40$ mA (figura 2-1, *a*). Este dato se obtiene consultando la curva característica y comprobando que a una tensión de rejilla de — 3 V le corresponde una $I_a = 40$ mA.

Tensión en la resistencia de carga, $V_r = I_a \cdot 1.000 = 0{,}040 \cdot \cdot 1.000 = 40$ V.

Tensión de salida o de ánodo, $V_a = 100 - V_r = 100 - 40 = $ *= 60 V*.

B) Funcionamiento del circuito con una señal de entrada de 1 V positivo

Tensión de entrada, $V_e = +1$ V.

Tensión de rejilla de control, $V_g = -3 + 1 = -2$ V.

Intensidad que circula por el ánodo en este punto, $I_a = 50$ mA (curva).

Tensión en la resistencia de carga, $V_r = I_a \cdot 1.000 = 0{,}050 \cdot \cdot 1.000 = 50$ V.

Tensión de salida o de ánodo, $V_a = 100 - 50 = $ *50 V*.

Cálculo de la amplificación del circuito:

La amplificación de tensión del circuito se halla dividiendo la variación de la tensión de salida por la correspondiente de la tensión de entrada, entre dos puntos de funcionamiento del circuito, como los que antes se han calculado.

$$\text{Amplificación} = \frac{\text{Variación de la tensión de salida (ánodo)}}{\text{Variación de la tensión de entrada (rejilla)}} = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g}$$

Restando los valores obtenidos en los dos puntos de trabajo analizados:

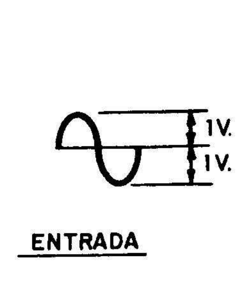
$\Delta V_a = 60 - 50 = 10$ V.

$\Delta V_g = -3 - (-2) = -1$ V.

$$\text{Amplificación} = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} = \frac{10}{1} = 10 \text{ veces.}$$

Con el resultado obtenido se sabe que cualquier variación de tensión que se produzca en la entrada del amplificador da en su salida una variación de tensión 10 veces mayor.

Nótese que el incremento de V_g es de -1 V y, por tanto, si no considerásemos el valor absoluto de la amplificación, ésta tendría signo negativo. Este dato significa que la variación de tensión en la salida o en el ánodo es contraria a la de rejilla, o sea, si ésta eleva su tensión en 1 V positivo, la placa reduce su tensión de 60 a 50 V. La señal de salida es reproducción de la de entrada, pero diez veces mayor y desfasada 180° o invertida respecto a la primera, como lo muestra la figura 2-2.



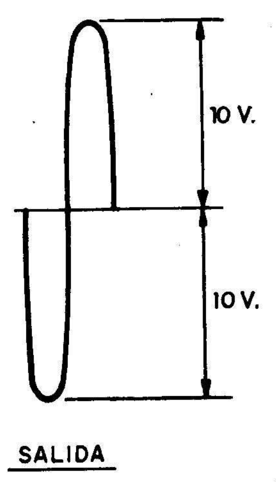


Fig. 2-2

Los cálculos realizados no son exactos y sólo se han efectuado para aclarar la forma en que se consigue la amplificación; hay que tener en cuenta que al producirse variaciones de I_a la tensión del ánodo V_a varía y la curva característica usada, que en el ejemplo era para tensión de placa de 100 V, ya no sirve.

FACTORES QUE CARACTERIZAN UN TRIODO

Hay tres coeficientes que definen el trabajo de una válvula triodo y determinan su comportamiento en condiciones específicas. Dichos coeficientes son: factor de amplificación, μ; pendiente, S, y resistencia interna, R_i, y suelen venir indicados en los manuales de válvulas, aunque también pueden deducirse de las curvas características.

SIGNIFICADO FISICO Y REPRESENTACION GRAFICA DEL FACTOR DE AMPLIFICACION

El factor de amplificación μ indica cuántas veces es más efectiva la rejilla de control que la placa en su influencia sobre la intensidad que atraviesa la válvula.

Para una intensidad fija de placa, que en la figura 2-3 es $I_a =$ $= 20$ mA, una variación de la tensión de rejilla, por ejemplo, de 1 V, supone otra de la tensión de placa de 50 V; es decir: que la tensión anódica tiene que variar 50 veces más que la de rejilla para mantener el mismo valor I_a.

$$\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} = \frac{150-100}{2-1} = \frac{50}{1} = 50, \text{ para } I_a = 20 \text{ mA.}$$

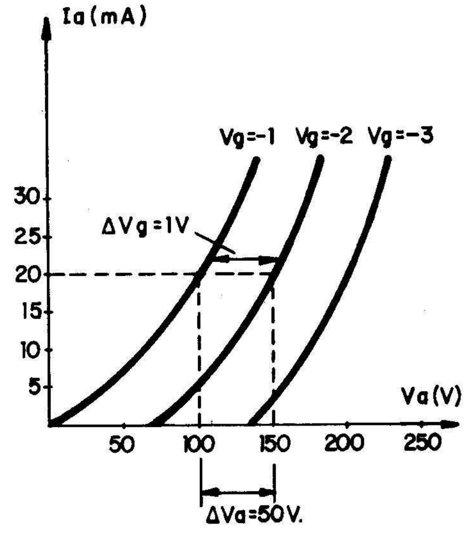


Fig. 2-3

La constitución de la válvula influye notablemente sobre el factor de amplificación, de forma que cuanto más separadas estén las espiras de la rejilla y más cerca se encuentren del ánodo menor es el factor de amplificación.

SIGNIFICADO FISICO Y REPRESENTACION GRAFICA DE LA RESISTENCIA INTERNA

Si la tensión anódica de un triodo sufre una variación, por ejemplo un aumento, su intensidad también varía, aumentando en este caso. La relación o cociente entre la variación de la tensión del ánodo y la sufrida por su intensidad recibe el nombre de «resistencia interna», manteniendo constante la tensión de rejilla en las variaciones mencionadas.

$$R_i = \frac{\text{Variación de la tensión del ánodo}}{\text{Variación de la intensidad del ánodo}} \text{ (con una } V_g \text{ constante)}$$

$$R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} \; (V_g = \text{constante})$$

La resistencia interna se expresa en ohmios, para lo cual las variaciones de V_a y de V_g se indican en voltios y amperios respectivamente.

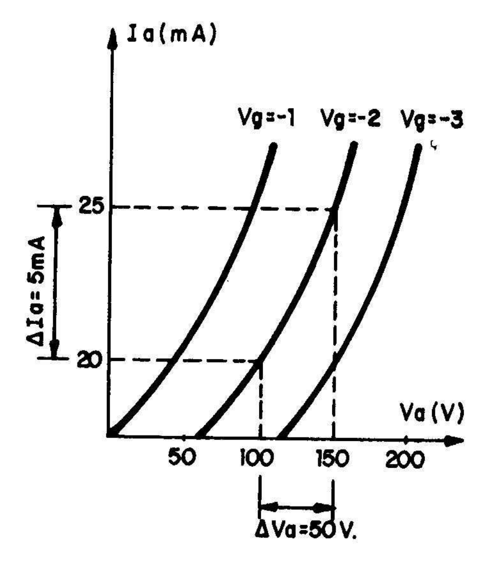


Fig. 2-4

Usando las curvas características se puede calcular gráficamente el valor de la resistencia interna, R_i, como se observa en la figura 2-4.

$$R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} = \frac{150 - 100}{0{,}025 - 0{,}02} = \frac{50}{0{,}005} = 10.000\ \Omega$$

con $V_g = -2$ V.

SIGNIFICADO FISICO Y REPRESENTACION GRAFICA DE LA PENDIENTE

Si la tensión de rejilla de un triodo sufre una variación (aumenta su valor negativo, por ejemplo) la intensidad anódica sufrirá otra variación que en el caso presente será una disminución. Se llama pendiente, transconductancia o conductancia mutua a la relación o cociente entre la variación de intensidad de placa y la tensión de rejilla que la provoca, manteniendo constante la polarización de placa.

$$S = \frac{\text{Variación de la intensidad de ánodo}}{\text{Variación de la tensión de rejilla}} = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g}$$

(con tensión de placa constante)

La pendiente, que se representa por S, por P o por g_m, se expresa en mA/V, siendo el milimho un mA por V.

En la figura 2-5 se indica la forma gráfica de obtener el valor de la pendiente, S, mediante la curva característica de la válvula.

$$S = P = g_m = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g} = \frac{20 - 5}{2 - 1} = \frac{15}{1} = 15 \text{ mA/V}.$$

Cuanto más juntas están las espiras de la rejilla, y más cerca del cátodo, mayor es el valor de la pendiente S.

RELACION ENTRE LOS TRES PARAMETROS FUNDAMENTALES

Conservando en los tres parámetros analizados las mismas unidades se cumple la siguiente relación entre ellos:

$$\mu = R_i \cdot S$$

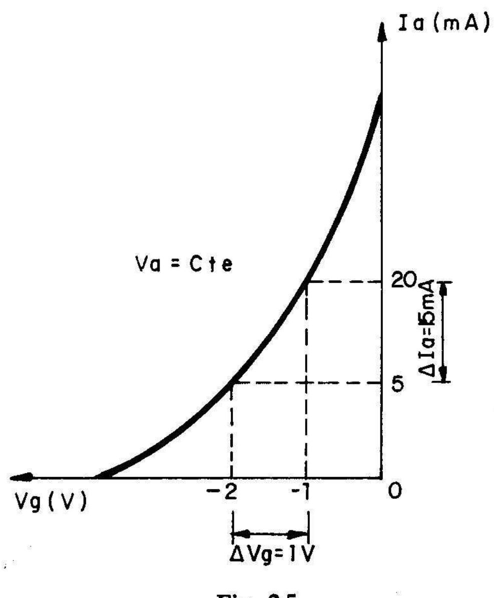


Fig. 2-5

Esto quiere decir que el factor de amplificación es igual al producto de la resistencia interna y la pendiente de la válvula, como se demuestra a continuación:

$$\frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} \cdot \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g} = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g}$$

A continuación, en la tabla de la figura 2-6 se indican algunos valores típicos de los factores comentados en algunos triodos.

VALVULA	S (mA/V)	Ri (KΩ)	μ
EC 88	13,5	5	65
ECC 85	6	9,4	57
PCC 189	12,3 a 0,125	2,6	33
ECH 81 (TRIODO)	3,7	6	22

Fig. 2-6

CURVAS CARACTERISTICAS ESTATICAS DEL TRIODO

Se llaman curvas características estáticas las que relacionan las tres magnitudes fundamentales de una válvula, V_a, I_a y V_g, partiendo de tensiones fijas continuas en ánodo y rejilla; las dinámicas, que se verán más adelante, se obtienen con señales variables en rejilla y trabajando en condiciones reales.

Hay dos tipos de curvas características estáticas: la de rejilla y la de placa; la primera de ellas se expuso en la lección anterior y servía para relacionar los valores que tomaba I_a con diferentes tensiones de rejilla, manteniendo constante la tensión de placa. La figura 2-7 muestra varias curvas para diferentes valores de V_a.

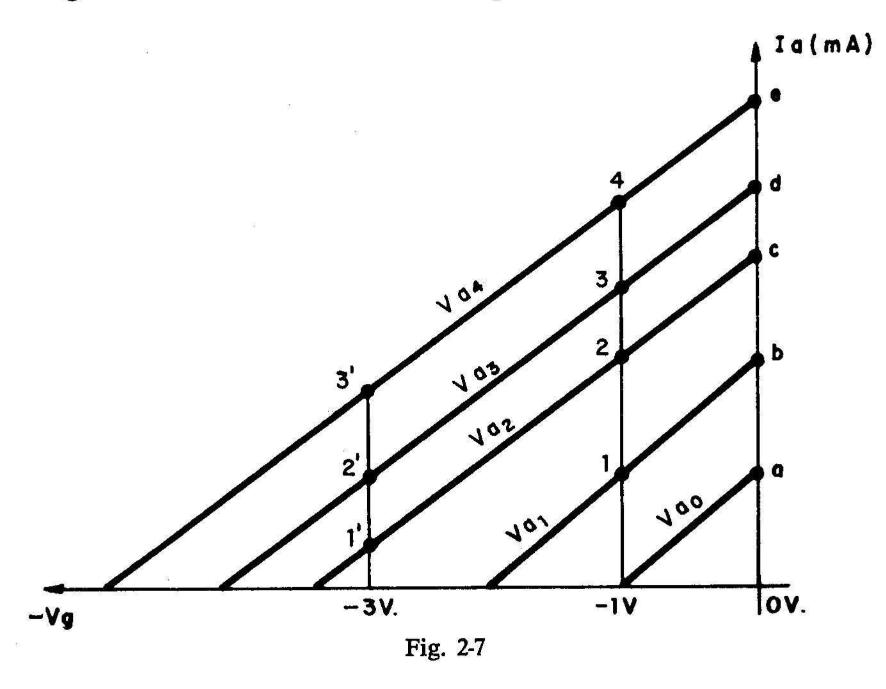


Fig. 2-7

La curva característica de placa relaciona los valores de V_a e I_a para una determinada tensión de rejilla, pudiéndose construir este tipo de curvas partiendo de las dadas en la figura 2-7, puesto que basta en éstas levantar una perpendicular y anotar los puntos de cruce con cada una de las curvas, pasarlos a un gráfico

I_a/V_a y uniéndolos obtener una de las curvas características de placa como las representadas en la figura 2-8.

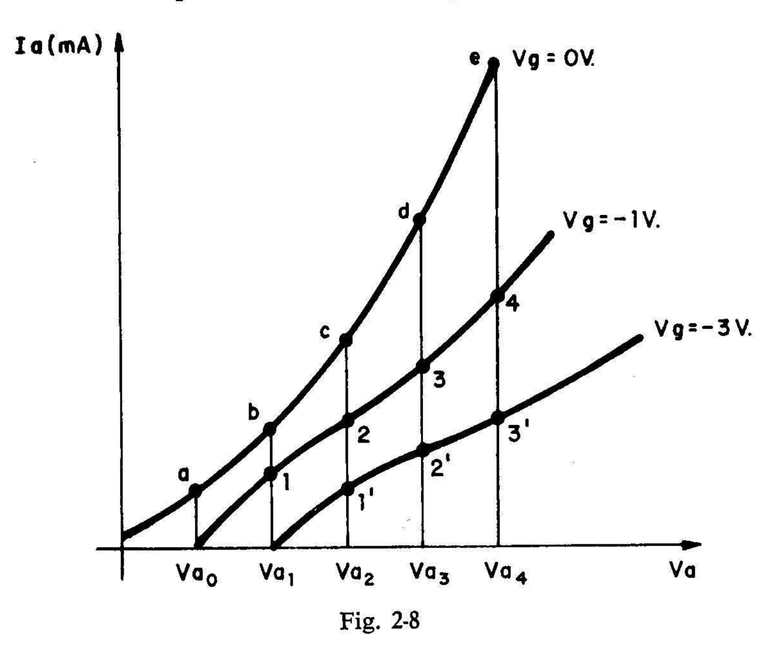


Fig. 2-8

De las curvas de la figura 2-8, la correspondiente a una tensión de rejilla de 0 V es muy importante y representa el funcionamiento del triodo como diodo.

Las curvas características estáticas no sirven para conocer el comportamiento de la válvula en condiciones reales cuando se le aplica en la rejilla una señal a amplificar, pues en los dos tipos estudiados se ha mantenido invariable uno de los tres parámetros (I_a, V_a y V_g) y en realidad la variación de un parámetro supone la de los otros dos. Por ejemplo, un incremento positivo de la tensión de la rejilla de control de un triodo determina un aumento de la intensidad de placa I_a, y a la vez una disminución de la tensión de ánodo V_a, puesto que al aumentar I_a crece la caída de tensión en la resistencia de carga y disminuye la que queda entre cátodo y ánodo de la válvula.

EJERCICIOS DE LA LECCION 2.ª

Resolver los siguientes problemas.

1.er PROBLEMA

Se dispone de una válvula triodo EC-88, cuya curva característica, para una tensión de ánodo $V_a = 160$ V, es la mostrada en la figura 2-9. Se desea hacerla trabajar con un punto de reposo cuya tensión de rejilla sea $V_g = -1{,}5$ V, y con una resistencia de carga de 2.000 Ω.

1.°) Dibujar el circuito amplificador correspondiente.
2.°) Calcular la amplificación de tensión del circuito.

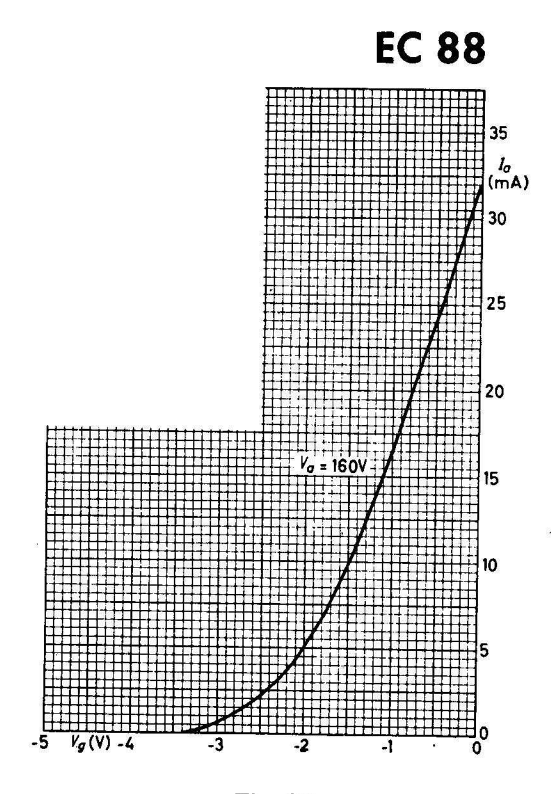


Fig. 2-9

2.° PROBLEMA

Con el gráfico de la figura 2-10, correspondiente a las curvas características de rejilla de la válvula EC-92, trazar dos curvas estáticas de placa para la misma válvula: una para $V_g = 0$ V, y otra par $V_g = -2$ V.

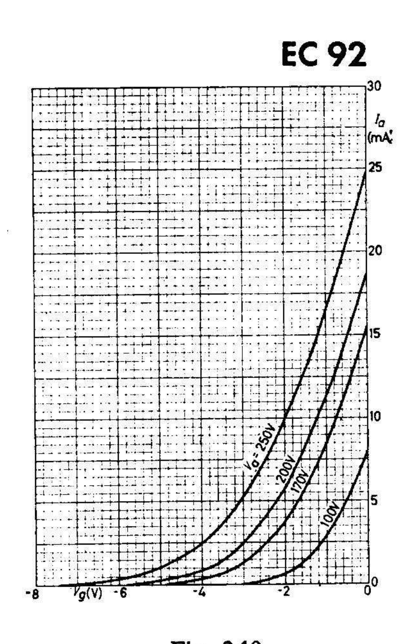


Fig. 2-10

3.er PROBLEMA

Utilizando la curva característica de la figura 2-10 de la válvula EC-92, calcular el factor de amplificación de dicha válvula.

LECCION 3

LA RECTA DE CARGA

RECTA DE CARGA DE UN AMPLIFICADOR

En la figura 3-1 se muestra otro ejemplo de circuito amplificador, al que se le aplica en el circuito rejilla-cátodo una señal alterna de 3 V de tensión de pico para que sea amplificada, la cual se suma a la polarización fija de — 5 V.

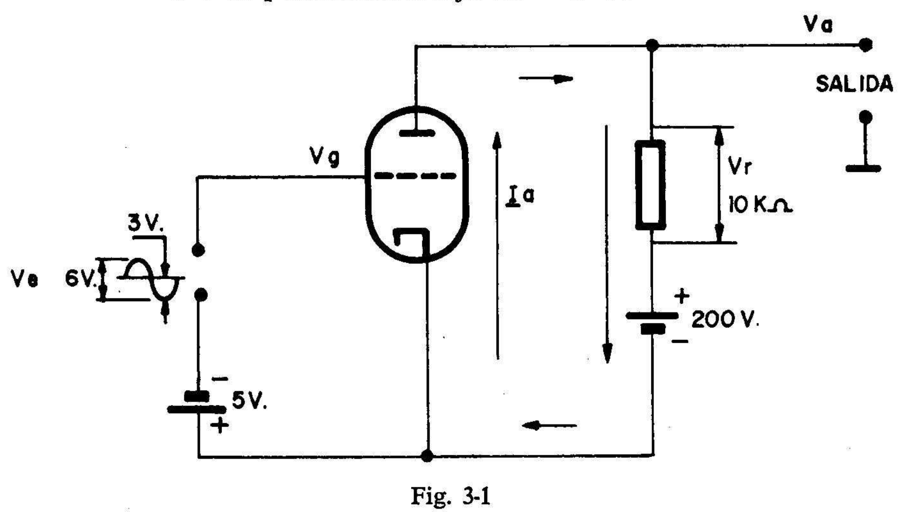


Fig. 3-1

La tensión existente entre rejilla y cátodo del circuito de la figura 3-1 será la suma de la polarización fija de — 5 V y la componente alterna que se quiere modificar. En la figura 3-2 se

muestra la componente continua de la pila y la alterna de la señal, así como la suma de ambas.

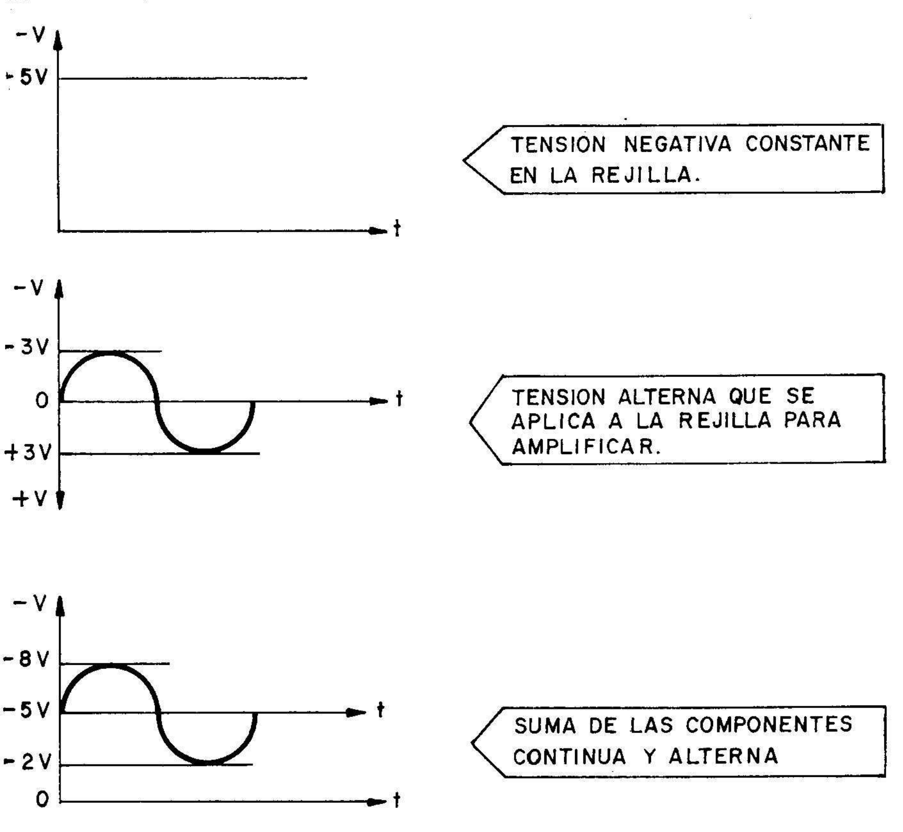


Fig. 3-2

Un punto de funcionamiento del amplificador de la figura 3-1 será el que tiene $I_a = 0$: en este caso la caída de tensión en la resistencia de carga de 10 KΩ será nula, pues $V_r = I_a \cdot R = 0 \cdot 10.000 = 0$; por lo tanto, de acuerdo con la ecuación siguiente, la tensión del ánodo, que es la de salida, coincide con la de la batería principal:

$$V_{salida} = V_a = 200 - V_r = 200 - 0 = 200 \text{ V}.$$

Se puede trasladar este punto de trabajo del amplificador a un gráfico I_a/V_a, como se indica en la figura 3-3, teniendo en cuenta que los valores en los ejes serán, $I_a = 0$ y $V_a = 200$ V.

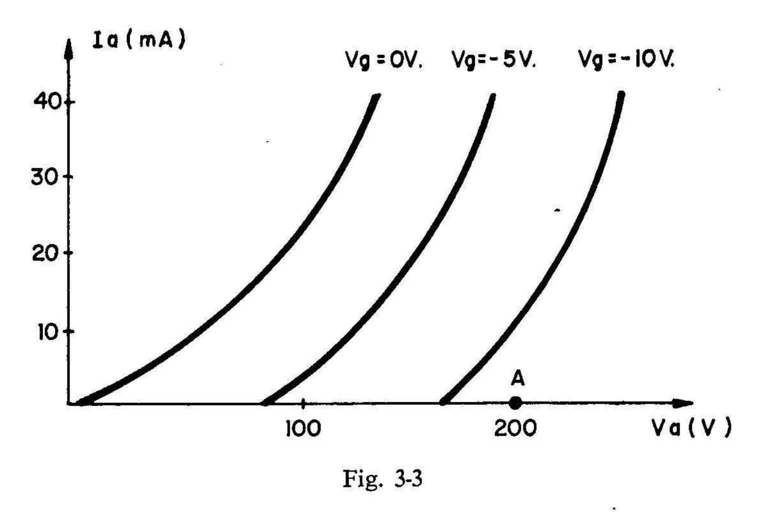


Fig. 3-3

Otro punto de trabajo del amplificador es el de $I_a = 10$ mA, por ejemplo, en el cual la tensión que absorbe la resistencia de carga será:

$$V_r = I_a \cdot R = 0{,}010 \cdot 10.000 = 100 \text{ V.}$$

Si en la resistencia de carga quedan 100 V, en la válvula, que representa la tensión de salida, quedará el resto de los 200 V de la batería, o sea,

$$V_{salida} = V_a = 200 - V_r = 200 - 100 = 100 \text{ V.}$$

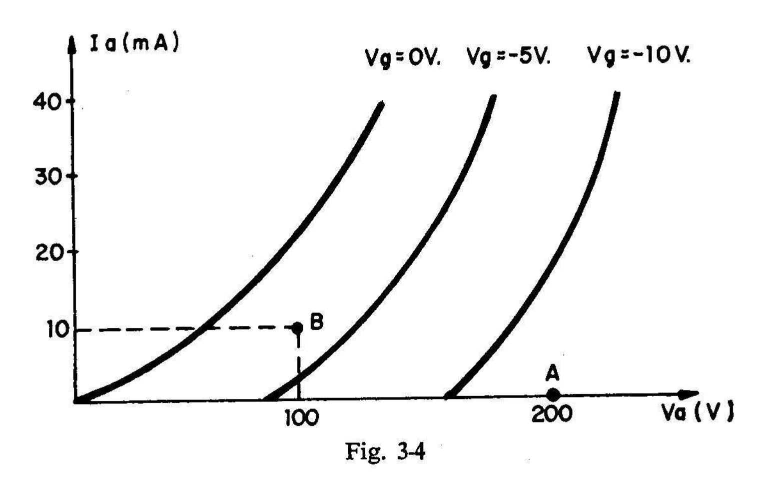


Fig. 3-4

Luego en el circuito presentado en la figura 3-1, cuando I_a vale 10 mA, la tensión en el ánodo es de 100 V. Este nuevo punto de trabajo, que denominaremos punto B, está representado en la figura 3-4, junto con el punto A, calculado anteriormente.

Obtenidos dos puntos de trabajo del amplificador, el A y el B, y representados en las curvas características estáticas de placa de la válvula, se sabe experimentalmente que los demás puntos posibles de trabajo del circuito de referencia se encuentran en una línea llamada «recta de carga». Por lo tanto, uniendo los dos puntos A y B ya calculados, según la figura 3-5, se obtiene la «recta de carga», que contiene todos los puntos posibles de funcionamiento del amplificador.

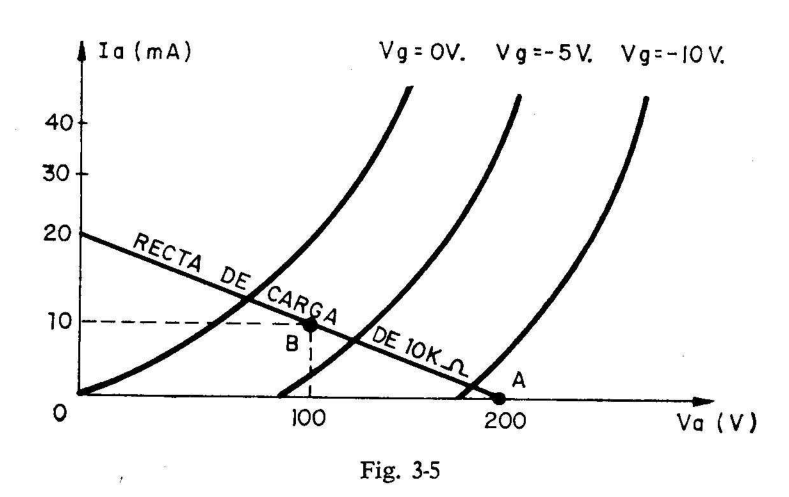


Fig. 3-5

Los puntos de la recta de carga a la izquierda del cruce con $V_g = 0$ V no interesan en el trabajo del amplificador, pues representan los puntos en los que la válvula está saturada y no se mantiene la pendiente de la recta de carga; tampoco se trabaja en los puntos cercanos al A, ya que con intensidades tan bajas la recta se hace curva, produciendo una amplificación desigual.

Para cada valor de la resistencia de carga existe una recta de carga diferente, aunque todas ellas tienen el mismo punto de partida, que es el A, variando únicamente su pendiente. En la figura 3-6 aparecen sendas rectas de carga para tres resistencias de placa diferentes, observándose que su pendiente va disminuyendo a medida que se eleva el valor óhmico de las resistencias.

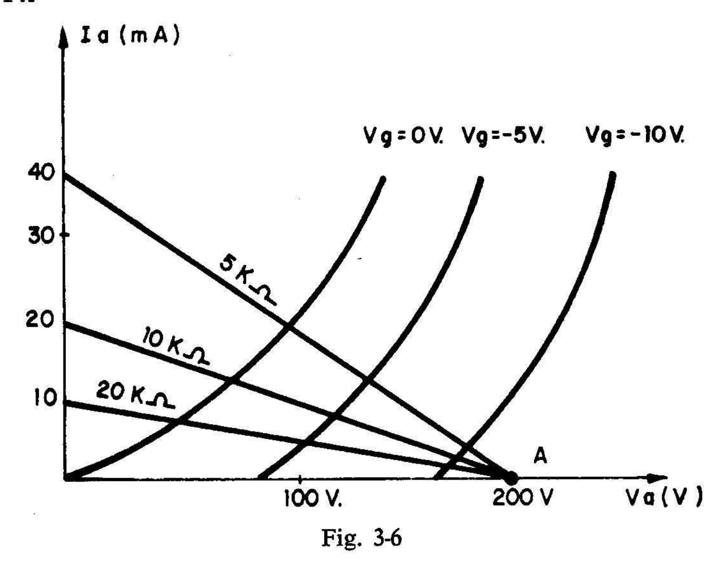
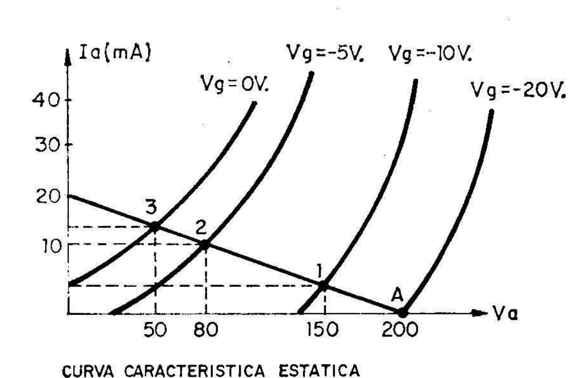
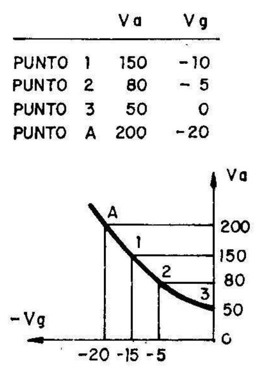


Fig. 3-6

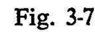
CURVAS DINAMICAS

Disponiendo la recta de carga en el gráfico I_a/$\mathbf{V_a}$ se puede obtener una curva que relaciona los valores de V_a con $\mathbf{V_g}$ en el funcionamiento de la válvula con resistencia de carga dada. En la figura 3-7 se han elegido cuatro puntos de trabajo, 1, 2, 3 y A; se han anotado los correspondientes valores de V_a y V_g que tenían dichos puntos y se ha trazado un nuevo gráfico que relaciona estas magnitudes:





	Va	Vg
PUNTO 1	150	-10
PUNTO 2	80	-5
PUNTO 3	50	0
PUNTO A	200	-20


Fig. 3-7

Usando las curvas características estáticas y la recta de carga se puede conocer la variación que corresponde al ánodo para una variación de la tensión de entrada entre rejilla y cátodo. Estas nuevas curvas así obtenidas se llaman «dinámicas», recibiendo este nombre porque relacionan valores cuando la válvula o el circuito trabajan realmente, es decir, cuando se aplica una señal a la entrada del amplificador.

En el ejemplo de la figura 3-1, con una polarización fija de —5 V, al introducir una señal alterna de 3 V de pico la tensión resultante entre rejilla y cátodo del amplificador variaba entre —2 y —8 V. Obtenida la curva dinámica de trabajo (figura 3-7) al representar en el eje de abscisas V_g (tensión entre rejilla y cátodo) se obtiene en el de ordenadas las correspondientes tensiones de ánodo, según se indica en la figura 3-8.

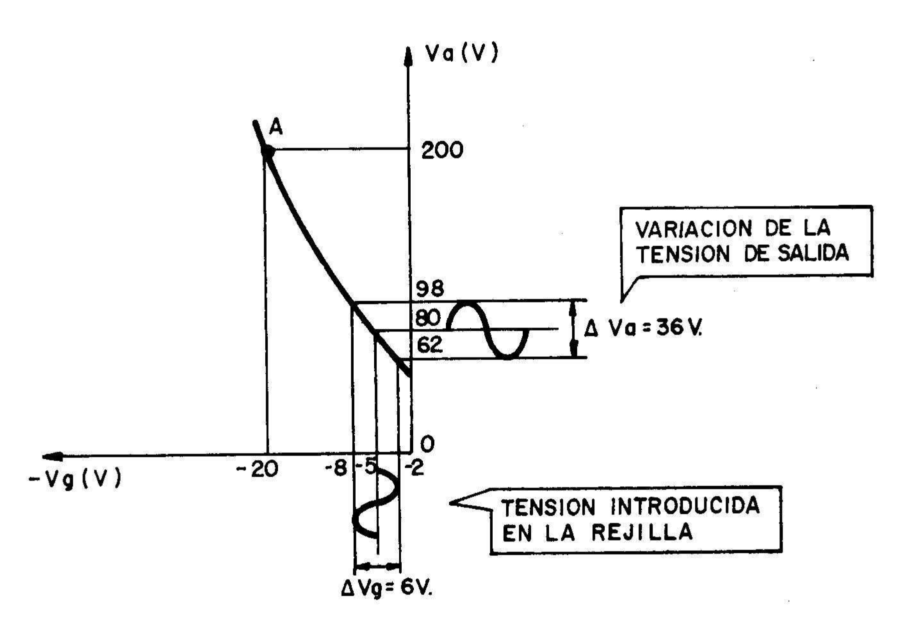
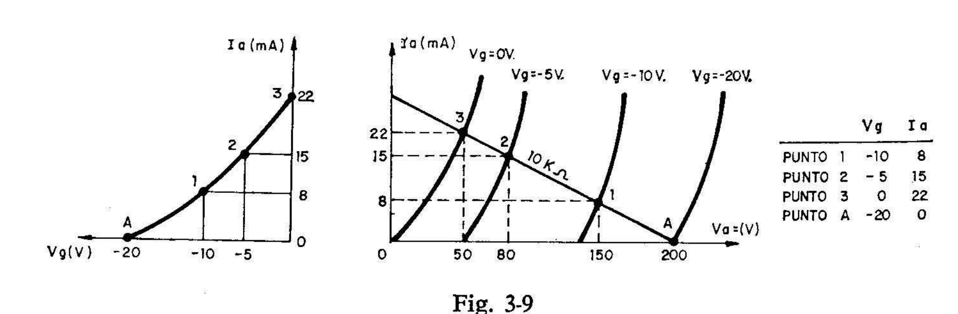


Fig. 3-8

A la vista de las variaciones de la señal de entrada y de salida que se muestran en la figura 3-8 se deduce que con una variación de 6 V en la rejilla la salida del amplificador, que es la tensión del ánodo, varía 36 V.

En anteriores lecciones se usó la curva estática que relaciona I_a con V_g para una tensión V_a constante y se advirtió que los resultados obtenidos no eran exactos porque V_a variaba. Al colocar la resistencia de placa, la tensión anódica varía, al hacerlo la señal de entrada y originar una alteración de la corriente que circula por la resistencia de placa. Las curvas que se utilizan para conocer el funcionamiento real del amplificador son las dinámicas y se confeccionan traspasando los puntos correspondientes a la recta de carga, que se pueden llevar a un gráfico V_a/V_g, como se ha visto en figuras anteriores, o bien a un gráfico que relacione V_g con I_a, como se muestra en la figura 3-9.



	Vg	Ia
PUNTO 1	-10	8
PUNTO 2	-5	15
PUNTO 3	0	22
PUNTO A	-20	0

Fig. 3-9

En la figura 3-9 está dibujada la curva característica dinámica para una carga de 10.000 Ω. La curva dinámica es diferente para cada resistencia de carga: Cuanto mayor es ésta, más lineal es la curva dinámica y, por supuesto, más que la característica estática, aunque de menor pendiente. Debido a que la característica dinámica no es totalmente recta, la tensión y la corriente de salida no son una reproducción exacta de la señal que se aplica a la rejilla de control, con lo que aparece una pequeña «distorsión» en la señal amplificada obtenida.

CURVA DE MAXIMA POTENCIA

La potencia que disipa una válvula se halla multiplicando $V_a \cdot I_a$ y no debe sobrepasar el valor máximo recomendado por el fabricante, que se indica en los manuales de válvulas. Uniendo entre sí todos los puntos en los que la potencia o producto mencionado es igual al máximo se obtiene una curva que divide la zona de trabajo en dos partes, una de las cuales se llama «prohi-

bida», porque sus puntos disipan una potencia mayor que la permitida; a dicha curva se la llama «curva de máxima potencia».

Para dibujar la curva de máxima potencia en un gráfico I_a/V_a se indican algunos puntos en los que el producto $I_a \cdot V_a$ sea igual a la potencia máxima admitida. Si se supone, por ejemplo, que la potencia máxima es de 25 mW, cuatro puntos que representen dicha potencia son los siguientes:

I_a (mA)	V_a (V)
2	12,5
3	8,3
5	5
6	4,1

Uniendo estos puntos se obtiene la curva que abarca todos los que alcanzan la máxima potencia soportable por la válvula; de ahí que la zona superior derecha de la curva sea prohibida, pues sus puntos representan una potencia mayor que la admitida, que en el caso de la figura 3-10 hemos supuesto alcanzaba los 25 mW.

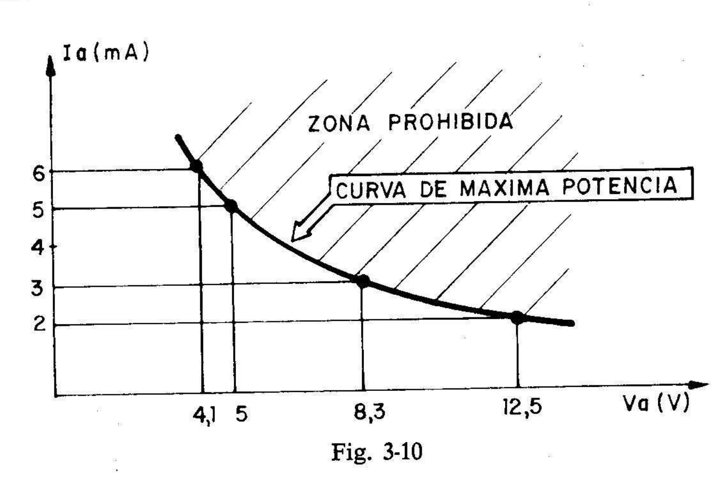


Fig. 3-10

Para que la válvula no se estropee, sus puntos de trabajo (contenidos en la recta de carga) no deben pasar al otro lado de la curva de máxima potencia; por lo tanto, una vez dibujada la curva de máxima potencia se trazan las rectas de carga de las resistencias que interesen experimentar, siendo inadecuadas aquéllas

cuyos puntos penetren dentro de la zona prohibida. La recta de carga límite será tangente a la curva de máxima potencia por su zona inferior y representará la resistencia de carga mínima que se puede colocar en el ánodo de la válvula para obtener la mayor potencia posible.

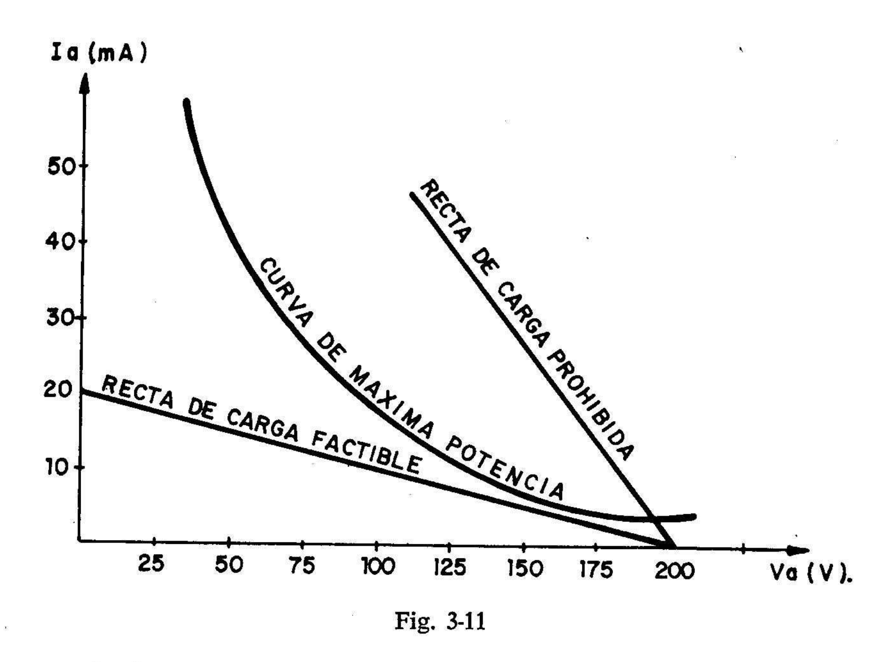


Fig. 3-11

En la figura 3-11 se presentan algunos casos de validez o no de resistencia de carga según la posición de la recta de carga con respecto a la curva de máxima potencia.

FORMULA DE LA AMPLIFICACION

Para obtener una fórmula de fácil aplicación en el cálculo de la amplificación de tensión en el circuito de una válvula se sustituye ésta por un generador de tensión en el que se obtiene un voltaje equivalente al producto de $\mu \cdot V_g$, que expresa la amplificación que produce la válvula sobre la señal de entrada en la rejilla de control. En serie con dicho generador se coloca su resistencia interna o de la válvula y a continuación la resistencia de carga. En la figura 3-12 se muestra el esquema simplificado de un amplificador, estando representada la válvula por el generador de

ensión y la resistencia interna R_i, en tanto que la resistencia de carga lo está por R_c.

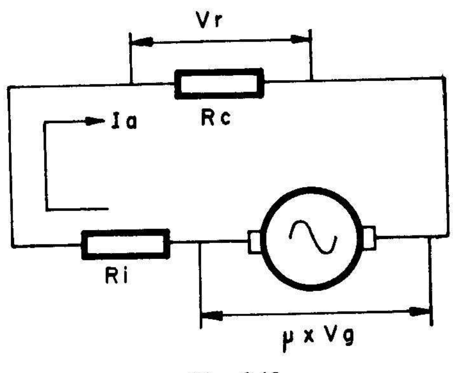


Fig. 3-12

Aplicando la ley de Ohm al circuito de la figura 3-12, la tensión entre bornes de R_o y la corriente I_a que pasa por el mismo vendrán dadas por las siguientes fórmulas:

$$V_r = \frac{R_o}{R_c + R_i} \cdot \mu \cdot V_g \qquad I_a = \frac{\mu \cdot V_g}{R_c + R_i}$$

La amplificación o ganancia de un circuito relaciona la señal de salida, que es proporcional a V_r, con la de entrada, que es V_g, obteniéndose la siguiente expresión:

$$\text{Ganancia o amplificación} = \frac{V_r}{V_g} = \frac{R_o}{R_o + R_i} \cdot \mu$$

De la fórmula anterior se deduce que la amplificación del circuito será tanto mayor cuanto más se aproxime el valor de R_o al de R_i, siendo $A = \frac{\mu}{2}$ cuando $R_c = R_i$. El valor que normalmente se coloca en la placa de los triodos como R_c es de 100 KΩ, resistencias muy grandes, que, aunque proporcionan mayores amplificaciones de tensión, determinan una alimentación exagerada.

Se puede sustituir el amplificador por un circuito equivalente de un generador de tensión, cuando $R_i \leqslant R_c$; en caso contrario el circuito se comporta como amplificador de corriente en el que la válvula se sustituye por un generador de corriente de valor $s \cdot V_g$ con una resistencia en paralelo igual a R_i.

EJERCICIOS DE LA LECCION 3.ª

1.er PROBLEMA

En un gráfico I_a (mA) / V_a (V) dibujar dos rectas de carga correspondientes a dos resistencias de placa R_c de 1 KΩ y 2 KΩ del circuito amplificador mostrado en la figura 3-13.

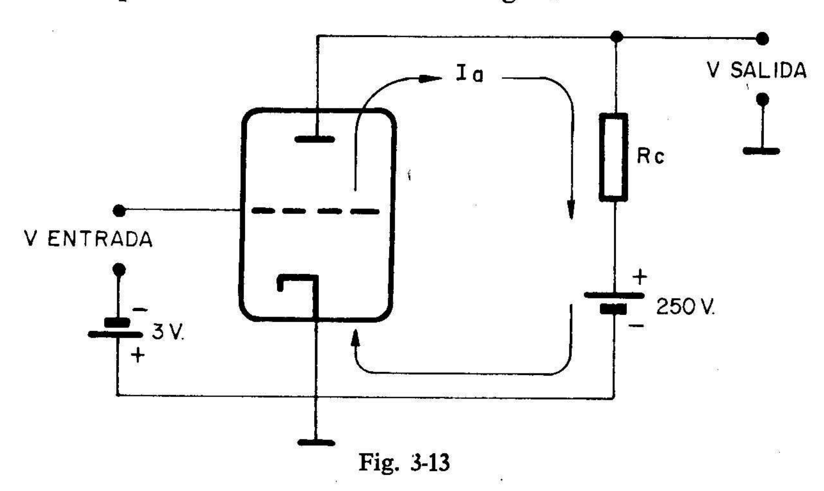


Fig. 3-13

2.º PROBLEMA

Consultando la tabla de características de la 2.ª lección se sabe que el factor de amplificación de la válvula EC-88 vale 65 y su resistencia interna $R_i = 5$ KΩ. Calcular la amplificación de tensión que se obtiene en esta válvula al colocarle una resistencia de 10 KΩ en placa.

3.er PROBLEMA

Si a la válvula EC-88 del problema anterior se le aplica una señal de entrada por rejilla de 1 V, calcular la variación de tensión que se producirá en la placa.

4.º PROBLEMA

Si la válvula EC-92 soporta una potencia de 2,5 W:

1.º) Calcular y dibujar un gráfico V_a/I_a en el que se represente la curva de máxima potencia.

2.º) Dibujar la recta de carga cuya resistencia sea mínima y calcular qué valor corresponde a dicha resistencia si la tensión de polarización de la placa de la válvula es 250 V.

LECCION 4

EL TETRODO Y EL PENTODO

INCONVENIENTES DEL TRIODO

Un condensador está constituido por dos placas metálicas separadas por un aislante. Dentro de una válvula triodo se forman tres condensadores «ficticios», ya que sus tres electrodos son metálicos —cátodo, ánodo y rejilla— y están separados entre sí por el vacío, que es aislante.

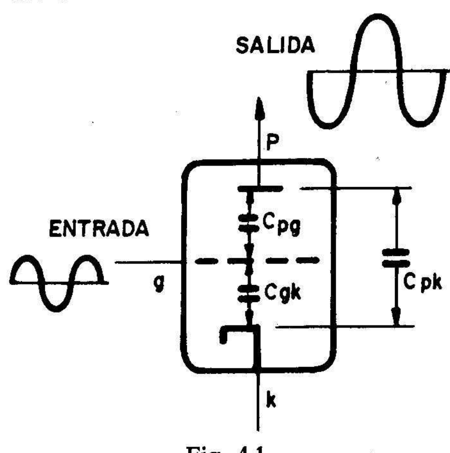


Fig. 4-1

El condensador formado por la rejilla de control y la placa se denomina abreviadamente C_{pg}; el que hay entre rejilla y cátodo C_{gk} y el existente entre placa y cátodo C_{pk}, como lo muestra la figura 4-1.

Aunque el valor de estos condensadores es muy pequeño, del orden de 10 pF, cuando la válvula trabaja con señales de alta frecuencia su reactancia capacitiva X_c llega a ser muy baja:

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C};$$

(Al ser la frecuencia f muy grande la X_c se hace muy pequeña.)

Al ser muy baja la reactancia X_c el condensador deja pasar gran parte de la señal de alta frecuencia a través de él; por este motivo el condensador C_{pg} es muy peligroso, porque las señales amplificadas que existen en el ánodo las pasa de nuevo a la rejilla, desvirtuando lo que hay en ella, que es la señal que se desea amplificar. A este fenómeno se le llama «realimentación negativa», porque la señal amplificada de la placa que pasa a la rejilla está desfasada 180° con la que se introdujo previamente para amplificar. La acción perjudicial del condensador C_{pg} impide que el triodo pueda utilizarse para amplificar señales de frecuencia superior a 1 MHz.

EL TETRODO

En 1927 Hult colocó en el triodo otra rejilla más, llamada «pantalla», entre la placa y la rejilla de control, al objeto de blindar o aislar la placa de ésta y rebajar la capacidad C_{gp}, cosa esta última que consiguió en un nivel de unas 100 veces, al existir de esta forma entre rejilla de control y placa dos condensadores en serie, que como se sabe poseen una capacidad equivalente menor que el más pequeño de ellos.

La rejilla pantalla envuelve y blinda a la de control: de ahí su nombre de «pantalla». También, y para distinguir estas dos rejillas en los esquemas gráficos denominaremos g_1 a la de control y g_2 a la pantalla, mostrándose el símbolo y la constitución interna del tetrodo en la figura 4-2.

La rejilla pantalla está alimentada con una tensión positiva inferior a la de la placa, que si bien acelera hacia esta última los electrones, también absorbe algunos, lo que supone aproximadamente un 20 % de la corriente de placa.

En la actualidad los tetrodos no se utilizan a consecuencia de que los electrones que chocan contra la placa lo hacen con tan gran velocidad que arrancan de ella algunos electrones, fenómeno

que recibe el nombre de «emisión secundaria» y que consiste en que cuando un electrón expulsado por el cátodo llega a la superficie de la placa penetra en su interior, a causa de la energía cinética, y choca con los electrones periféricos de los átomos del metal, a los que proporciona parte de su energía, la suficiente para escapar algunos de ellos en principio de la órbita del átomo, atravesar la superficie del metal y llegar al exterior. Por otra parte, al tener la rejilla pantalla un potencial positivo atrae a los electrones debidos a la «emisión secundaria», disminuyendo notablemente la corriente de placa. Para reducir esta fuga se puede elevar la tensión de placa muy por encima de la de pantalla, pero en este caso blinda al ánodo de la carga espacial que rodea al cátodo y las variaciones de la tensión de placa no influyen sobre la corriente que a ella llega.

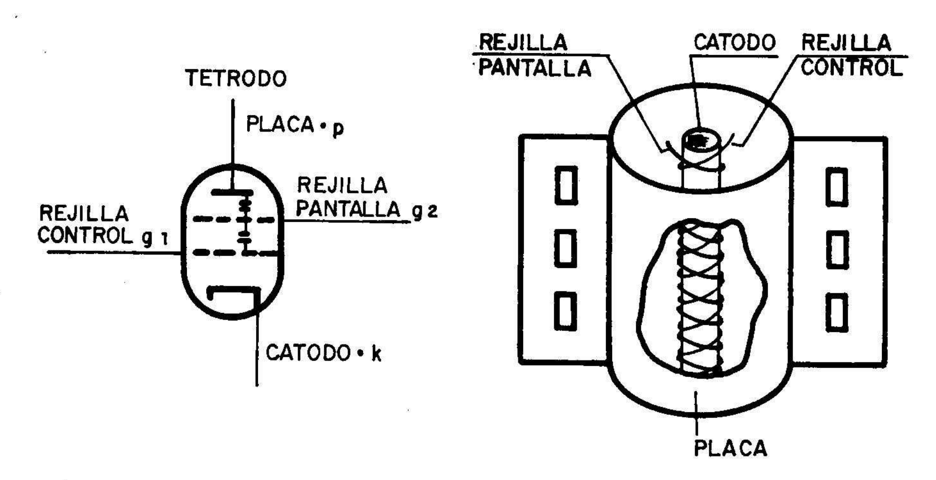


Fig. 4-2

En la figura 4-3 se presenta la curva característica de un tetrodo.

Mientras la tensión de ánodo es inferior a la de pantalla la corriente anódica I_a disminuye al aumentar su tensión V_a, según la figura 4-3, pues aumenta el fenómeno de «emisión secundaria». Al igualarse las tensiones de placa y pantalla I_a no varía, debido al apantallamiento ocasionado por g_2. Analizando la figura 4-3 se observa que cuando el ánodo tiene 50 V llegan a él 20 mA, pero de ellos 2 mA los absorbe la rejilla pantalla por efecto de la emisión secundaria, quedando la corriente anódica en 18 mA. Cuando

el ánodo sube su tensión a 60 V la intensidad que llega a la placa es de 22 mA y la que se pierde por emisión secundaria por la pantalla es de 6 mA, dando lugar a una corriente menor que antes, del orden de $I_a = 16$ mA.

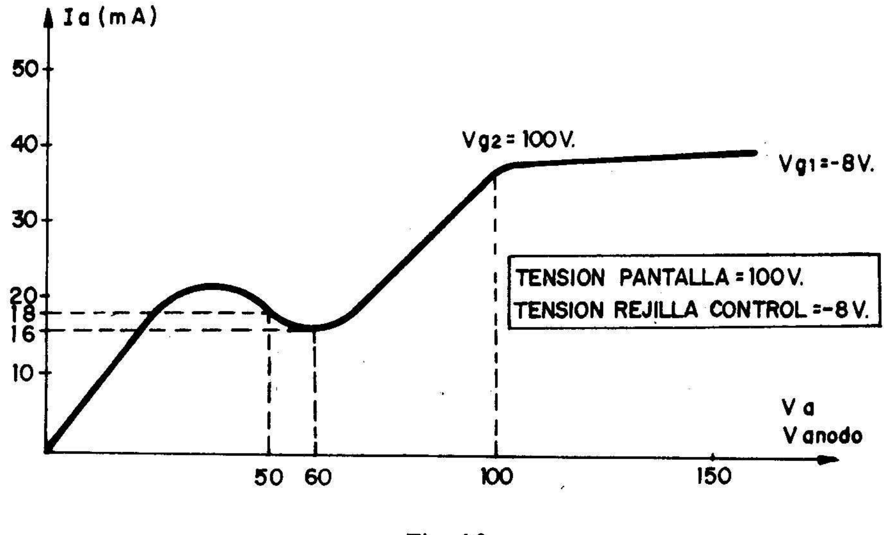


Fig. 4-3

En el tramo en que la intensidad I_a disminuye al elevarse la tensión de placa se dice que la válvula tiene *resistencia negativa,* produciendo importantes distorsiones en la amplificación. Esto, unido a las altas polarizaciones que requiere el tetrodo, hacen de ella una válvula casi por completo en desuso.

EL PENTODO

Para evitar los efectos perjudiciales de la emisión secundaria se diseñó una nueva válvula, denominada «pentodo», que se diferencia del tetrodo en que tiene una rejilla más (la supresora), que no es sino un fino alambre arrollado en espiral y situado entre la rejilla pantalla y la placa.

El símbolo del pentodo, con la disposición de sus cinco electrodos, se presenta en la figura 4-4.

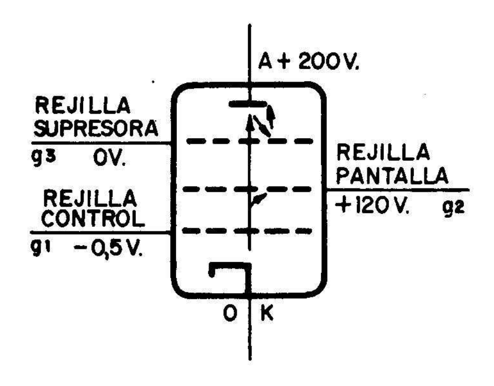


Fig. 4-4

La rejilla supresora, g_3, está conectada generalmente al cátodo o a masa, es decir, a un potencial de 0 V. De esta forma, al producirse la emisión secundaria, los electrones que salen de la placa no pueden ser recogidos por la rejilla pantalla, pues está blindada por la reja supresora, que evita que el potencial positivo de la pantalla atraviese su posición, impidiendo que los electrones despedidos por la placa los recoja la pantalla y obligándolos a volver a la placa.

La amplificación de un pentodo es considerable, del orden de miles de veces, y, en consecuencia, muy superior a la de los triodos y tetrodos. La causa hay que buscarla en que, mientras en los triodos al aumentar la intensidad anódica disminuye su tensión, con lo que la I_a tiende a disminuir debido a la menor atracción de la placa, en los pentodos la tensión del ánodo y las variaciones que en él se pueden originar no afectan a la corriente que circula por la válvula, pues la rejilla pantalla blinda o aísla el efecto de la placa, y las variaciones de corriente dependen casi exclusivamente de la tensión de la rejilla de control.

Las curvas características del pentodo tienen la forma mostrada en la figura 4-5.

Del análisis de la figura 4-5 se desprende que la intensidad de placa I_a que circula por un pentodo, desde una tensión relativamente pequeña de ánodo, sólo depende de la tensión de rejilla de control y no de la de placa. El arrollamiento de la rejilla supresora tiene un gran paso entre espiras, por lo que repele muy pocos electrones primarios, teniendo un efecto despreciable en la característica I_a/V_a.

Fig. 4-5

La pendiente, que representa el factor de amplificación, es en los pentodos casi constante en todos los puntos de funcionamiento, dando una característica casi rectilínea en el gráfico I_a / V_g, como aparece en la figura 4-6.

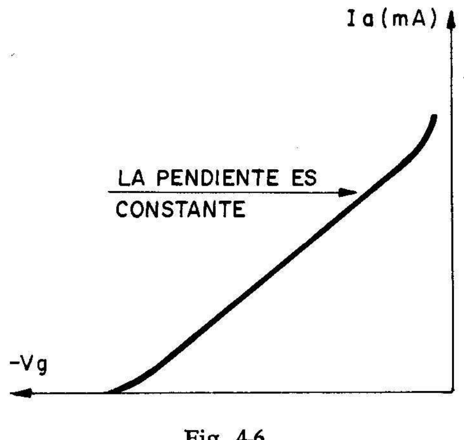


Fig. 4-6

Hay ocasiones en las que no interesa que la válvula amplifique siempre lo mismo en todos sus puntos de trabajo y entonces el alambre que forma la rejilla de control g_1 se arrolla alrededor del cátodo de forma que el número de espiras en los extremos sea mayor que en el centro, con lo que se logra que pequeñas alteraciones de la polarización de la rejilla de control ocasionen grandes variaciones de la corriente de placa en el caso de que dicha polarización sea baja (poco negativa), siendo en esta zona el factor de amplificación muy alto. Por el contrario, con elevadas polarizaciones negativas de la rejilla control, al variar éstas originan alteraciones pequeñas de corriente. Resumiendo: este tipo de pentodos, a los que se les denomina de «factor de amplificación variable», poseen altos factores de amplificación con bajas polarizaciones de rejilla y bajos factores cuando las polarizaciones son muy negativas, mostrándose en la figura 4-7 un detalle de la disposición de las espiras de la rejilla y la correspondiente curva característica.

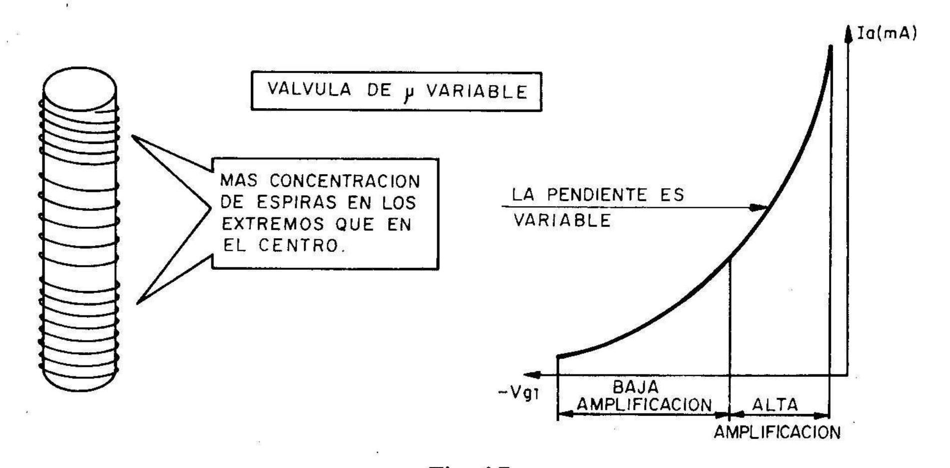


Fig. 4-7

Si en vez de tres rejillas, además de cátodo y ánodo, hay cuatro, la válvula se llama hexodo; si tiene cinco es un heptodo; si seis, un octodo, etc. Las nuevas rejillas que se añaden a las descritas en el pentodo son repetición de aquéllas: de control o pantalla o supresora. Así, por ejemplo, hay un tipo de heptodo, mostrado en la figura 4-8, que posee dos rejillas de control, dos de pantalla —intercaladas y unidas entre sí— y una supresora.

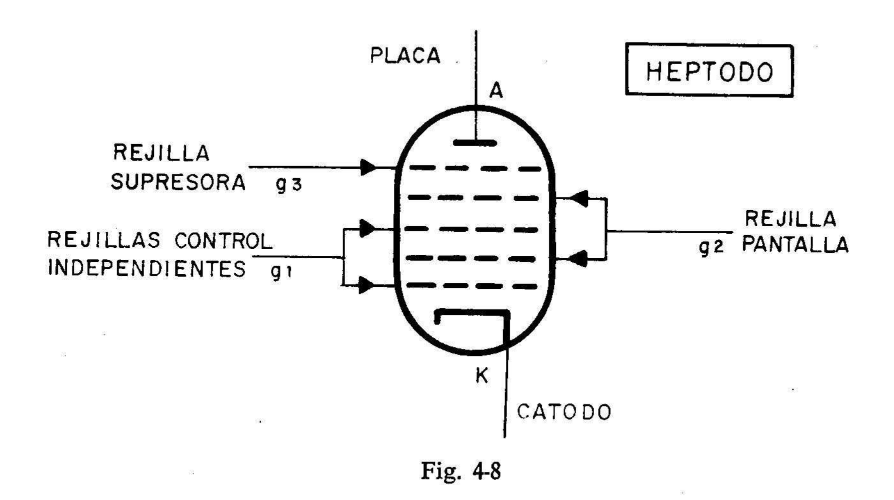

PLACA
A
HEPTODO
REJILLA
SUPRESORA g3
REJILLAS CONTROL
INDEPENDIENTES g1
REJILLA
g2 PANTALLA
K
CATODO

Fig. 4-8

EJERCICIOS DE LA LECCION 4.ª

Tachar con una cruz la respuesta correcta de cada pregunta.

1.ª PREGUNTA. — El principal inconveniente de los triodos consiste en:

a) Ser muy voluminosos.
b) Poseer un condensador entre rejilla y placa que produce «realimentación negativa».
c) Tener un condensador entre rejilla y cátodo que rebaja la amplificación.

2.ª PREGUNTA. — La diferencia constructiva entre un triodo y tetrodo es:

a) Que el tetrodo tiene dos rejillas más que el triodo.
b) Que las espiras de las rejillas del tetrodo están más separadas que las del triodo.
c) Que el tetrodo tiene una rejilla pantalla entre la de control y la placa.

3.ª PREGUNTA. — La causa fundamental de no usarse tetrodos es:

a) Debido a su baja amplificación.
b) A causa del fenómeno de la «emisión secundaria».
c) Producida por la realimentación negativa que tiene.

4.ª PREGUNTA. — La misión de la rejilla supresora en el pentodo es:

a) Eliminar la realimentación negativa.
b) Evitar el fenómeno de la «emisión secundaria».
c) Aislar la rejilla de control de la influencia de la pantalla.

5.ª PREGUNTA. — La característica de los pentodos de μ variable es:

a) Que tienen siempre la misma amplificación.
b) Que la amplificación varía con la polarización de la placa.
c) Que la amplificación varía según la polarización de la rejilla de control.

LECCION **5**

POLARIZACION DE LA REJILLA DE CONTROL

INTRODUCCION

Al hacer trabajar un circuito amplificador, sea con triodo o pentodo, es necesario que lo haga en la parte lineal de la curva característica de la válvula utilizada, para que la tensión de salida, proporcional a la corriente que pasa por la válvula, sea fiel

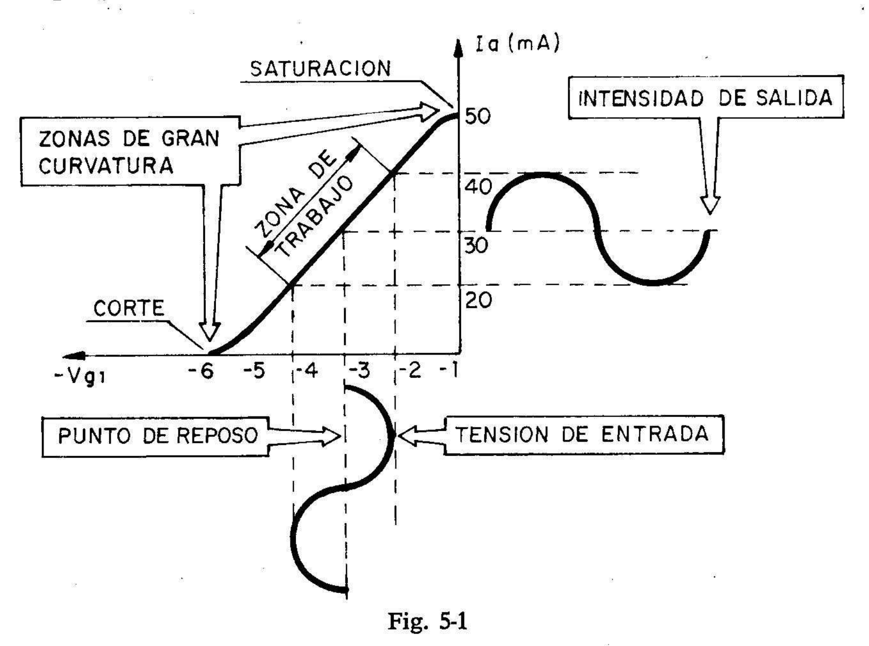


Fig. 5-1

reflejo o reproducción de la de entrada. No conviene utilizar las zonas extremas de dicha curva, en donde, debido a los fenómenos de corte y de saturación, la curvatura es muy pronunciada. En la figura 5-1 se presenta un caso en que la corriente de salida es casi una reproducción perfecta de la de entrada por haber utilizado la parte lineal de la curva característica.

Si se hubiese trabajado en la curva de la figura 5-1, en las zonas cercanas a los — 6 V (corte), o a las tensiones positivas de rejilla (saturación), la intensidad obtenida por la variación de la tensión de la rejilla de control aparecería deformada, por haberse usado las zonas de gran curvatura.

Observando el gráfico de la figura 5-1 se desprende que cuando la válvula no recibe señal para amplificar la rejilla de control debe disponer de una tensión fija y constante, que en el caso que nos ocupa será de — 3 V, para que funcione en el centro de la zona lineal y que, al introducir la señal que se desea amplificar, los puntos de trabajo se distribuyan alrededor del central, llamado «de reposo», y no ocupen las zonas de distorsión de los extremos.

POLARIZACION DE LA REJILLA DE CONTROL «POR CATODO»

Para conseguir que la rejilla de control tenga en reposo la tensión de c.c. precisa para que la válvula trabaje en el punto central de su curva característica, se utilizaba en los esquemas una pila, como se indica en la figura 5-2.

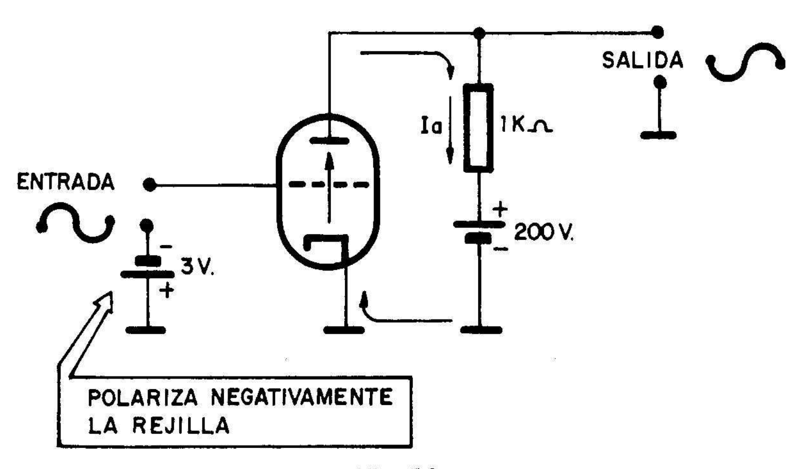


Fig. 5-2

Las tres conexiones inferiores de la figura 5-2 indican que van unidas al chasis (masa o tierra) y, por tanto, se consideran unidas entre sí.

El uso de las pilas es caro e incómodo, por su constante sustitución cuando se agotan. Para eliminar la pila se coloca una resistencia R_K en el cátodo de la válvula. Al circular la corriente de ánodo I_a se produce en ella una caída de tensión cuyo valor es $I_a \cdot R_K$, que si la hacemos coincidir con el valor de la polarización de rejilla en el punto de reposo realizará el mismo efecto que la pila anterior. Con referencia a la figura 5-1, la tensión de rejilla en reposo es de -3 V, que corresponde a una corriente de placa $I_a = 30$ mA, como aparece reflejado en la figura 5-3.

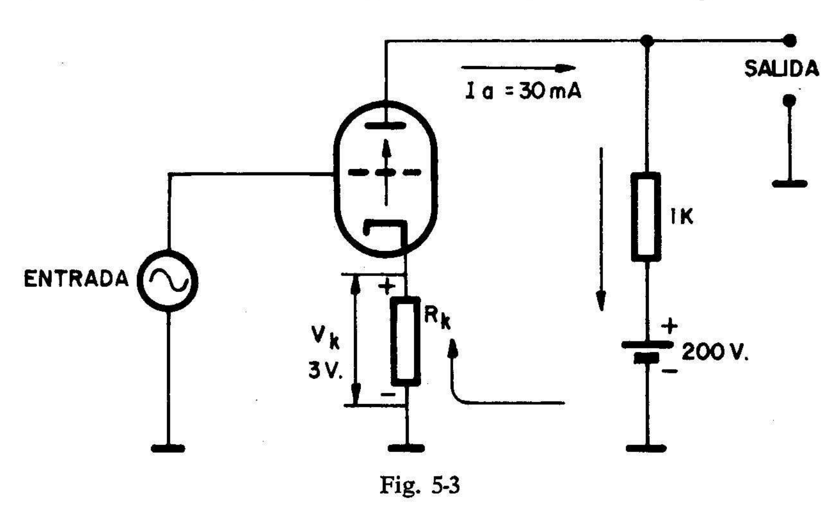


Fig. 5-3

La tensión entre bornes de la resistencia de cátodo R_K vale $V_K = I_a \cdot R_K$, siendo su polaridad la indicada en la figura 5-3, o sea, positivo el borne superior, junto al cátodo, puesto que la corriente de electrones se dirige hacia arriba. De esta forma, el cátodo será positivo respecto a masa, la cual está unida con la rejilla de control. Si conseguimos que $V_K = 3$ V, la rejilla de control quedará polarizada 3 V negativa respecto al cátodo, que es lo que se pretende para eliminar la pila. De esto se puede obtener el valor de R_K:

$$V_K = I_a \cdot R_K = 0{,}030 \cdot R_K = 3 \text{ V}$$

$$R_K = \frac{3}{0{,}030} = 100 \ \Omega$$

Luego colocando en el cátodo una resistencia $R_K = 100\ \Omega$ conseguimos que entre sus extremos aparezcan 3 V con el polo negativo en contacto con la rejilla y el positivo con el cátodo, logrando que la válvula trabaje en el punto de reposo buscado.

Cuando por la rejilla se introduce la señal que se desea amplificar, la corriente que circula por ella deja de ser constante. Concretamente, en la figura 5-1, al aplicar a la entrada una señal de 1 V de tensión alterna de pico, la intensidad varía desde 40 mA cuando alcanza el máximo positivo hasta 20 mA en el instante del máximo negativo; luego al funcionar el amplificador varía I_a y, en consecuencia, también $V_K = I_a \cdot R_K$, lo que hace que la polarización de rejilla no sea constante, como tenía que suceder. Para eliminar estas variaciones de V_K se coloca en paralelo con la resistencia de cátodo un condensador C_K, cuya misión es evitar que las variaciones de intensidad en R_K produzcan alteración en V_K.

La intensidad que circula por una válvula amplificadora se puede suponer formada por dos componentes: una continua y otra alterna. En el ejemplo que nos ocupa, la continua sería de 30 mA y la alterna de 10 mA de valor de pico, como se muestra en la figura 5-4.

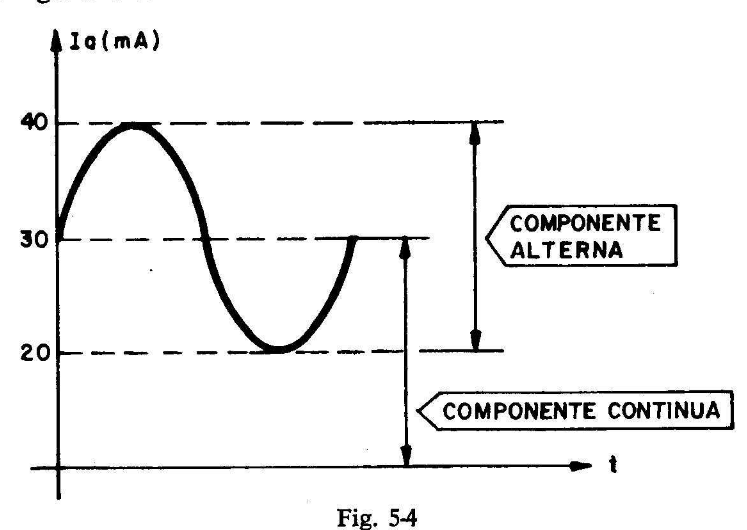


Fig. 5-4

Cuando la corriente I_a llega a la bifurcación que presentan R_K y C_K, la componente continua de 30 mA sólo puede pasar por R_K, puesto que C_K bloquea el paso de la c.c., mientras que la

componente alterna pasará en su mayoría por aquel de los dos componentes que le ofrezca menos resistencia. Como no interesa que la componente alterna pase por R_K, se ha de conseguir que la reactancia del condensador sea mucho menor que el valor óhmico de R_K, por lo que el valor de C_K ha de ser elevado, interesando por este motivo utilizar condensadores electrolíticos. Para que X_{CK} sea bajo C_K ha de ser elevado.

$$X_{CK} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_K}$$

En la figura 5-5 se presenta la bifurcación de la corriente entre la resistencia y el condensador de cátodo.

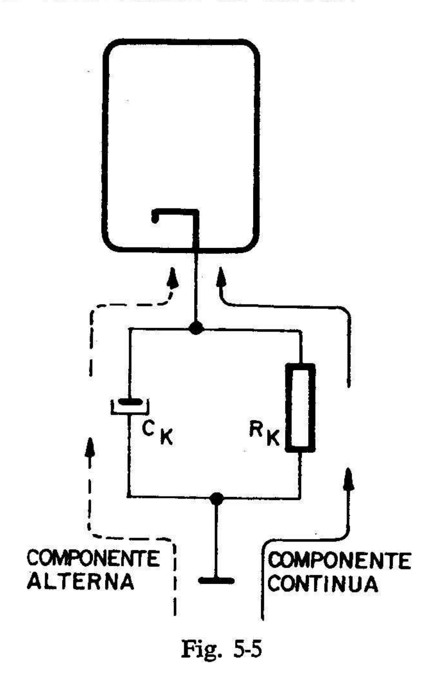


Fig. 5-5

En la práctica se elige un valor de X_{CK} que sea la décima parte que el de R_K. Como en el ejemplo que se comenta $R_K =$ $= 100\ \Omega$, X_{CK} deberá valer $10\ \Omega$, con lo que se puede deducir la capacidad del condensador que interesa:

$$X_{CK} = 10\ \Omega = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_K}$$

$$C_K = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot f \cdot 10}$$

Suponiendo que se trabaje con una frecuencia de 1.000 Hz:

$$C_K = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1.000 \cdot 10} = 0{,}0000159 \text{ faradios}$$

$$C_K = 0{,}0000159 \text{ F} = 15{,}9 \ \mu\text{F}.$$

En resumen, con una resistencia de 100 Ω y un condensador de 15,9 μF en paralelo, colocados en el cátodo de la válvula, la rejilla de control queda polarizada automáticamente con —3 V respecto al cátodo, no necesitándose pila alguna. A este sistema de polarización, que además de económico y sencillo ocupa muy poco espacio, se le denomina «polarización por cátodo», presentándose en la figura 5-6 el circuito completo de un amplificador con este tipo de polarización.

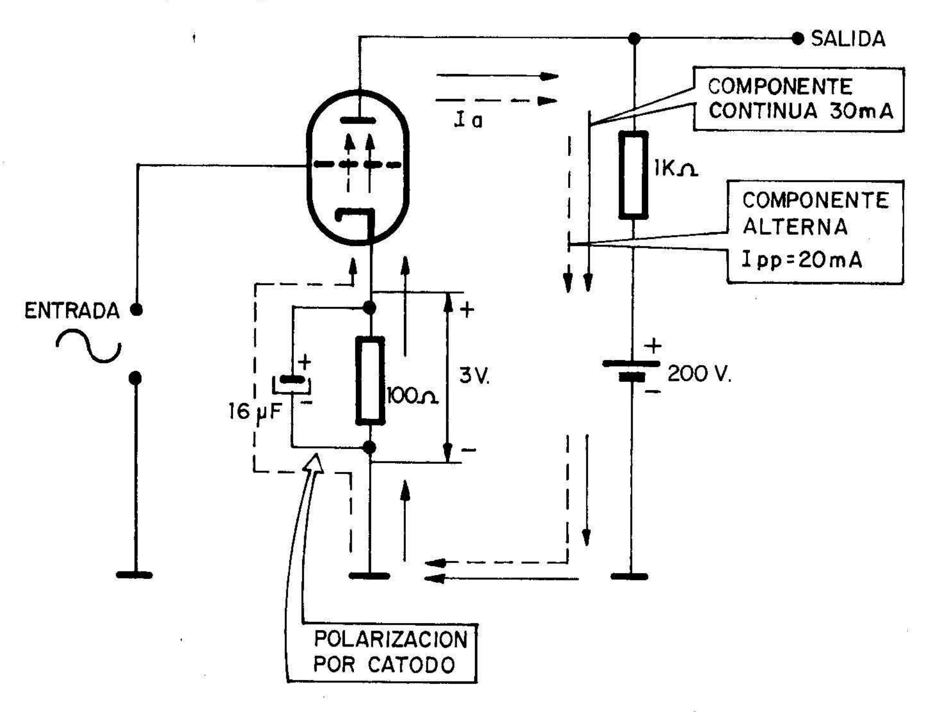


Fig. 5-6

PROBLEMA

Calcular el condensador y la resistencia de cátodo del circuito de la figura 5-7, sabiendo que la rejilla debe ser 5 V negativa respecto al cátodo y que la válvula en esas condiciones conduce 25 mA, como representa el punto de reposo de la curva característica de la figura.

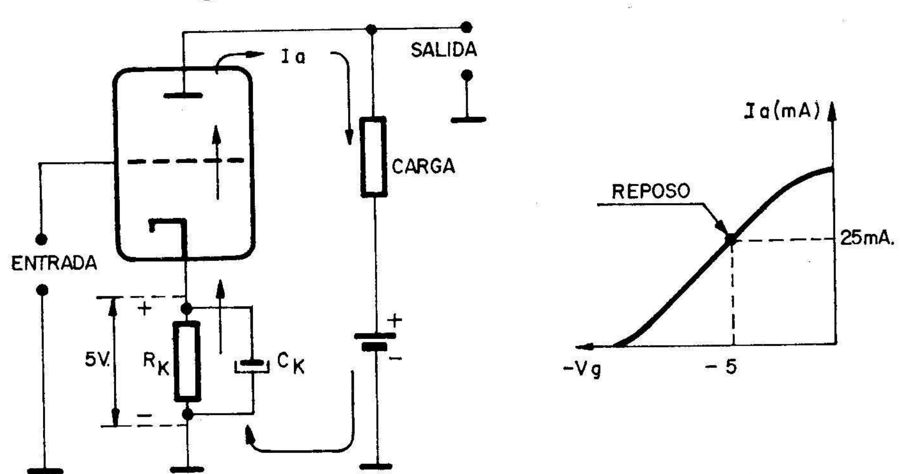


Fig. 5-7

$$R_K = \frac{V}{I} = \frac{5}{0{,}025} = 200\ \Omega$$

Potencia disipada por $R_K = V \cdot I = 5 \cdot 0{,}025 = 0{,}125$ W. El condensador debe tener una reactancia diez veces menor que el valor de la resistencia de cátodo.

$$X_{CK} = \frac{R_K}{10} = \frac{200}{10} = 20\ \Omega$$

$$X_{CK} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_K} \quad ; \quad C_K = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_{CK}}$$

Suponiendo que la frecuencia de trabajo media sea de 1.000 Hz:

$$C_K = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1.000 \cdot 20} = 80\ \mu\text{F.}$$

OTROS TIPOS DE POLARIZACION DE LA REJILLA DE CONTROL

Además de la polarización estudiada mediante el condensador y la resistencia de cátodo, se puede obtener la tensión negativa de rejilla de control con una derivación de la tensión principal que alimenta la placa de la válvula, procedimiento que no se usa en la práctica. También hay otro procedimiento, denominado «por escape de rejilla», que consiste en colocar una resistencia R_g de gran valor en la rejilla de control, cuya misión es dejar pasar los pocos electrones que chocan contra esa rejilla (I_g) y que al pasar por ella producen la suficiente polarización, como se explica gráficamente en la figura 5-8.

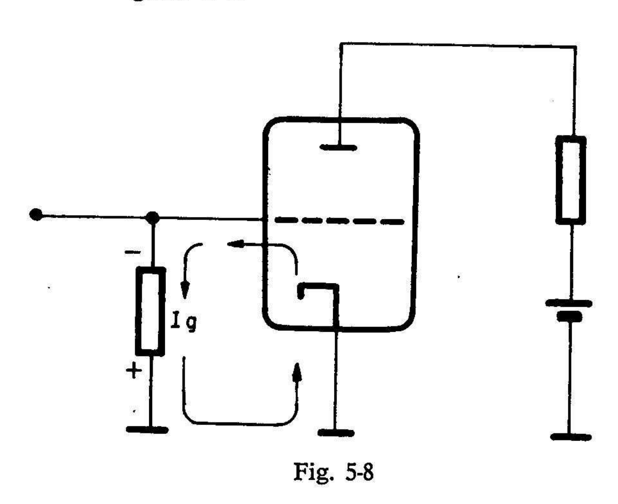


Fig. 5-8

Finalmente, hay otro procedimiento para conseguir la polarización de rejilla, llamado «de rectificación de la señal de rejilla», que se estudiará en la próxima lección, puesto que para comprenderlo hay que conocer los diferentes tipos de amplificación que existen.

EJERCICIOS DE LA LECCION 5.ª

Tachar con una cruz la respuesta correcta.

1.ª PREGUNTA. — Sin señal que amplificar, la rejilla de control debe tener cierta tensión negativa para:

a) Evitar corrientes elevadas.
b) Trabajar en el punto de reposo.
c) Conseguir altas amplificaciones.

2.ª PREGUNTA. — La necesidad de trabajar en el punto de reposo se debe a:

a) Trabajar en la zona lineal de la curva característica.
b) Conseguir la saturación de la válvula.
c) Distorsionar el mínimo.

3.ª PREGUNTA. — La misión de la resistencia y el condensador de cátodo es:

a) Hacer negativo el cátodo.
b) Evitar el paso de la componente alterna.
c) Eliminar la pila usada en anteriores circuitos.

4.ª PREGUNTA. — Para conseguir la polarización por escape de rejilla:

a) Se coloca una resistencia y un condensador en la rejilla de control.
b) Se coloca una resistencia en la rejilla de control.
c) Se coloca una pila en la rejilla de control.

1.er PROBLEMA

En un circuito amplificador se polariza por cátodo la rejilla control con una resistencia de 150 Ω. Calcular el valor del condensador de cátodo si la frecuencia media de trabajo es de 1.000 Hz.

2.° PROBLEMA

Dada la curva característica de la figura 5-9, de un pentodo amplificador, calcular la resistencia y el condensador de cátodo para conseguir la adecuada polarización entre rejilla y cátodo, siendo la frecuencia media de trabajo de 1 MHz.

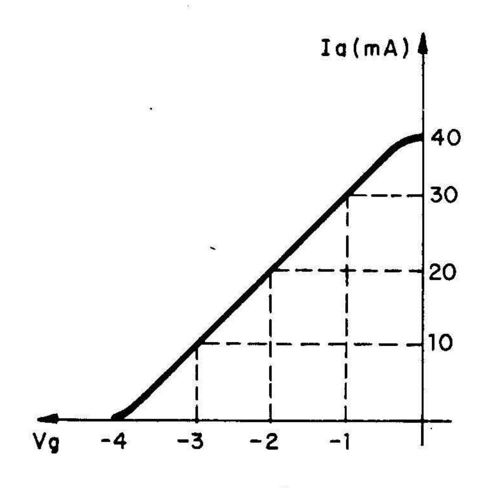


Fig. 5-9

LECCION **6**

CLASES DE AMPLIFICACION

INTRODUCCION

Según el punto de trabajo de la válvula amplificadora, o sea, según el valor de la polarización negativa de rejilla y, por tanto, la situación del punto de reposo dentro de la curva característica dinámica, se clasifican los amplificadores en tres clases o tipos diferentes.

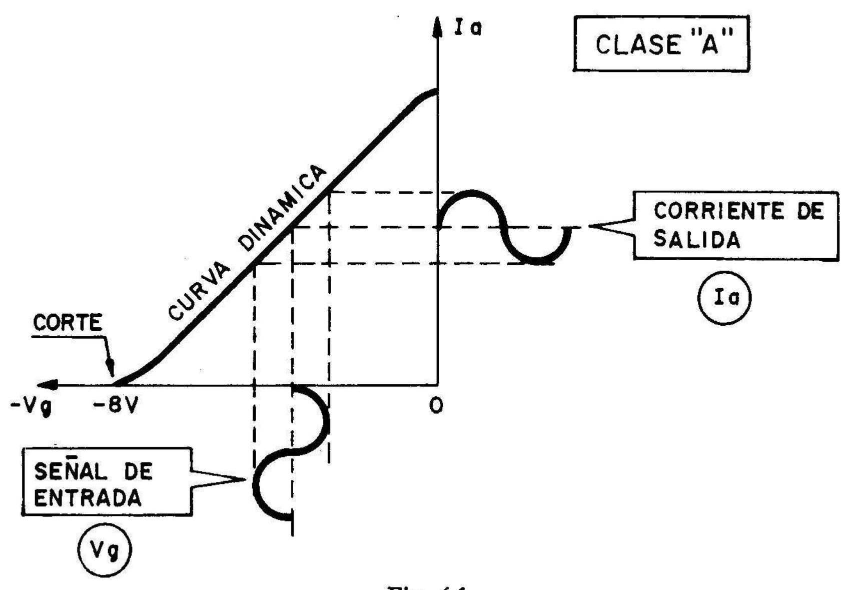


Fig. 6-1

AMPLIFICADOR CLASE A

La polarización negativa de rejilla está comprendida entre 0 V y el punto de corte. En general, se toma una polarización tal que nos permita trabajar en la parte recta de la característica y que en ningún momento, al introducir la señal que hay que amplificar, la tensión de rejilla se haga positiva ni sobrepase el punto de corte. Este tipo de amplificación suele utilizarse para señales débiles, de hasta 2 V, y su salida es una reproducción de la señal de entrada, aunque, como ya se sabe, desfasada 180°. En la figura 6-1 se presenta un ejemplo típico del funcionamiento de un amplificador en clase A.

AMPLIFICADOR CLASE B

Reciben este nombre los amplificadores cuya polarización de rejilla coincide con el punto de corte de la curva característica dinámica. Amplifican normalmente señales grandes y sólo lo hace su semiciclo positivo, ya que el negativo sobrepasa el punto de corte y durante él no circula ninguna intensidad por la válvula. Dado que esta clase de amplificación actúa sobre la señal amplificando el semiciclo positivo y eliminando el negativo, parece como si se rectificase la señal de entrada y por este motivo se dice que la salida ha sido detectada, como se observa en la figura 6-2.

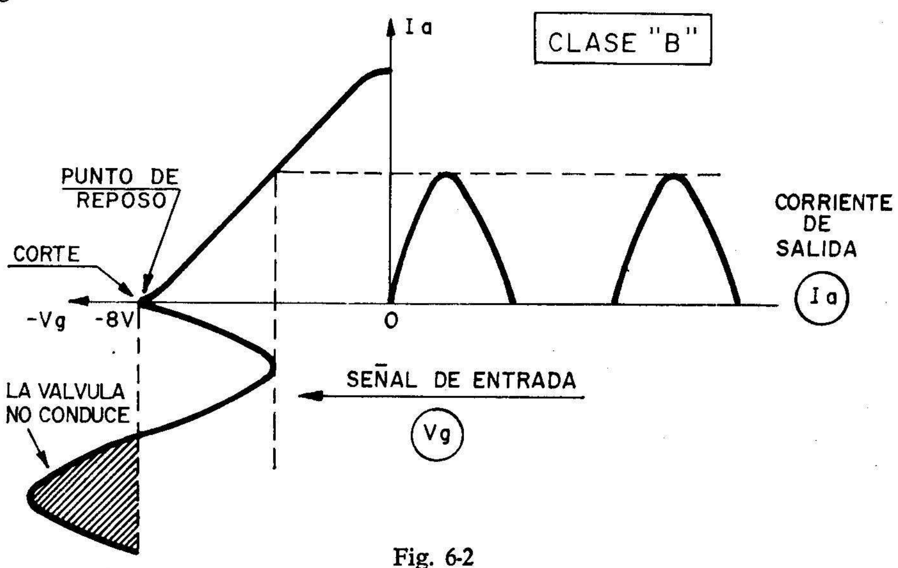


Fig. 6-2

AMPLIFICADOR CLASE C

En este caso la polarización de rejilla es superior a la tensión del punto de corte y se utiliza para señales muy grandes, amplificando sólo una parte del semiciclo positivo de dicha señal. En la figura 6-3 se presenta la forma clásica de trabajo de un amplificador en clase C.

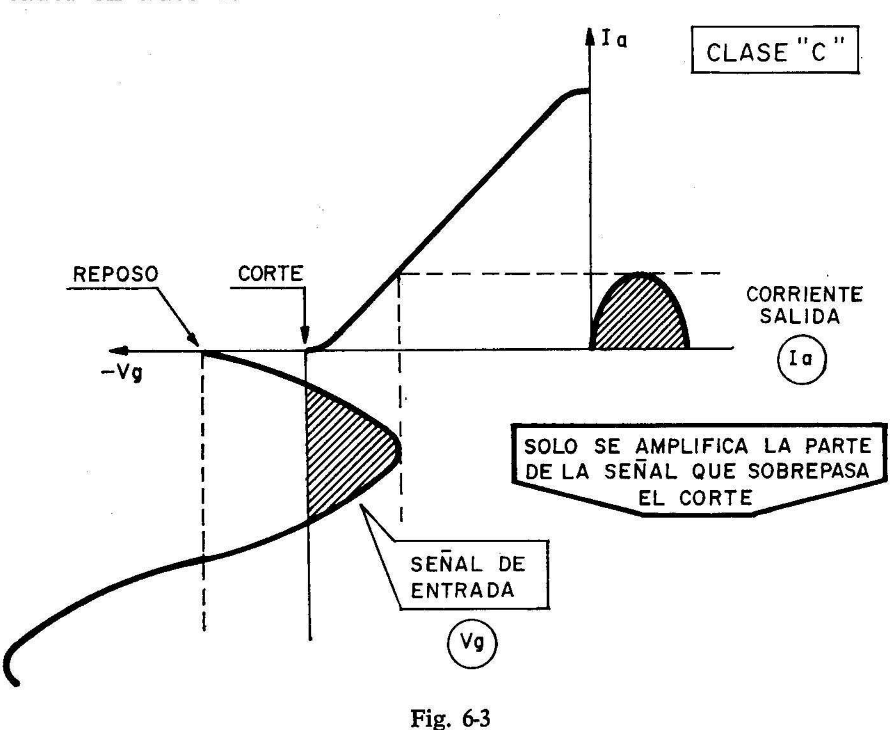


Fig. 6-3

OTRAS CLASES DE AMPLIFICACION

A los tres tipos fundamentales de amplificación mencionados hay que añadir otros, derivados de ellos.

Cuando la válvula mantiene la rejilla continuamente a un potencial negativo, sin absorber corriente alguna, se coloca el subíndice 1 en el tipo de amplificación correspondiente; pero si la rejilla se hace positiva en algún momento al aplicarle la señal se

le añade el subíndice 2. Dos ejemplos explicativos de estas variantes de amplificadores se presentan en la figura 6-4.

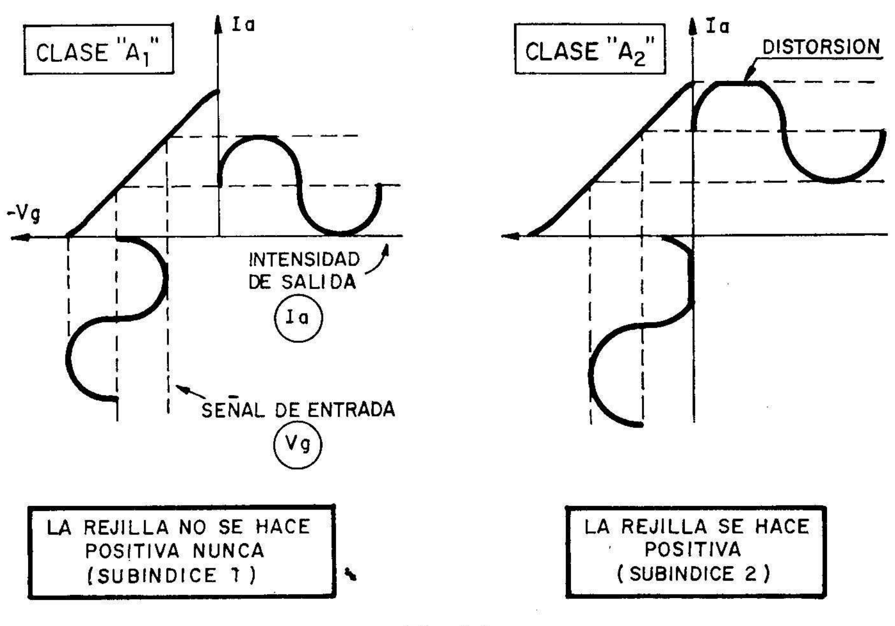


Fig. 6-4

Cuando la polarización de rejilla (de control) es de un valor intermedio entre los que se usan para la clase A y la B, se denomina clase «AB» y se añade el subíndice 1 ó 2, según que la rejilla sea o no negativa en algún momento en que recibe la señal. En la figura 6-5 se presentan las dos variantes de la amplificación en clase AB, y en ella se aprecia que en la derecha, que muestra el tipo AB_2, hay parte del semiciclo positivo y parte del negativo que no están amplificados por superar la señal los puntos de trabajo de la curva característica.

POLARIZACION POR RECTIFICACION DE LA SEÑAL DE REJILLA

Además de la polarización por cátodo y por escape de rejilla existe otro procedimiento, que ahora se presenta, para hacer negativa la rejilla de control y conseguir que la válvula trabaje en el punto de reposo adecuado: la polarización por «rectificación

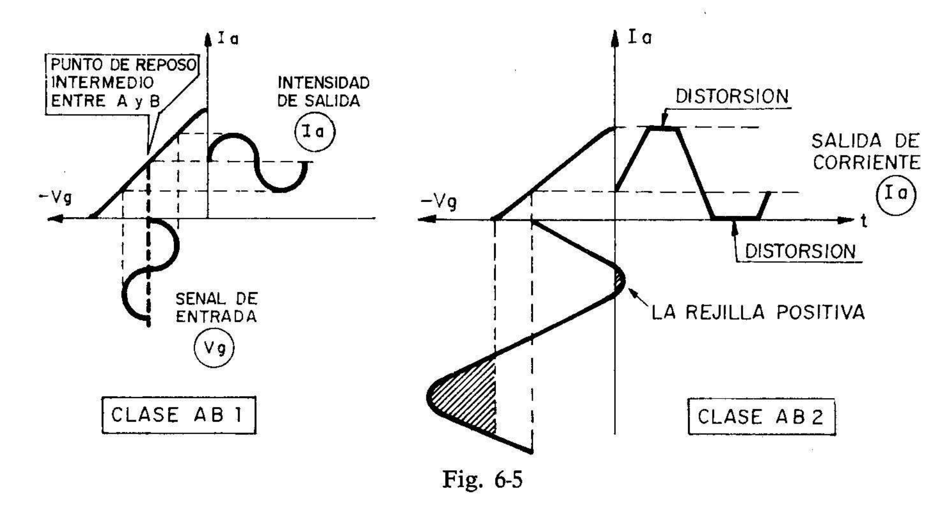


Fig. 6-5

de rejilla», que es muy frecuente en los osciladores y consiste en colocar una resistencia y un condensador en la rejilla de control, explicándose ahora por qué para su funcionamiento hay que hacer trabajar al amplificador en la clase en que la rejilla se hace positiva en cierta parte del ciclo de la señal de entrada. Su esquema general es el que aparece en la figura 6-6.

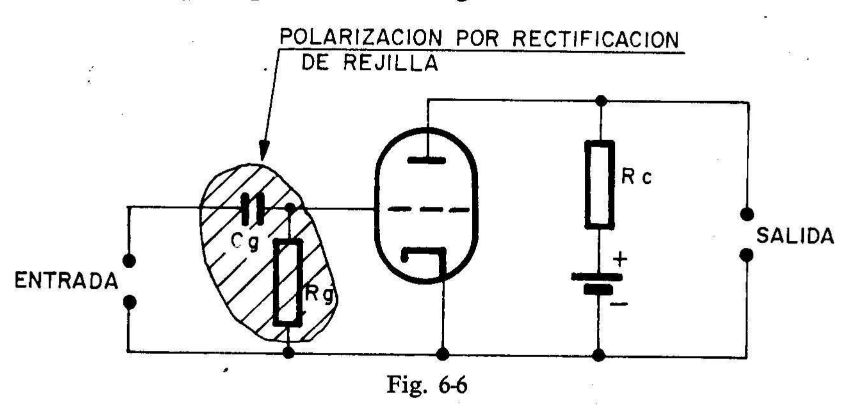


Fig. 6-6

Esta forma de polarizar la rejilla sólo se consigue cuando hay señal de entrada en la válvula, la cual trabaja en una clase de amplificación con subíndice 2, lo que significa que en algún momento se hace positiva la rejilla y absorbe algo de la corriente que sale hacia la placa. Esa corriente I_g que pasa por la rejilla

encuentra dos caminos: el condensador C_g y la resistencia R_g. Como R_g suele ser del orden de los megohmios, la corriente carga a C_g como se muestra en la figura 6-7.

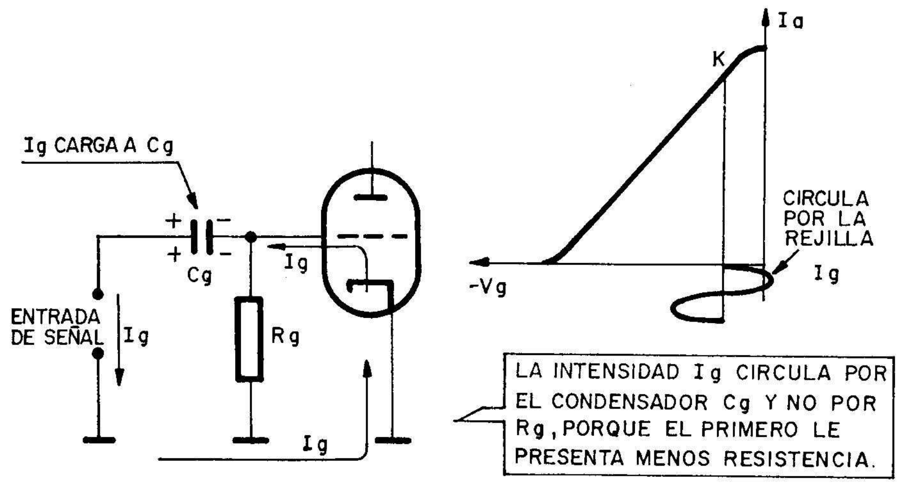


Fig. 6-7

Mientras no circula corriente por la rejilla el condensador C_g se descarga, cosa que sólo puede realizar a través de R_g en la forma que se indica en la figura 6-8, siendo la tensión que aparece entre los extremos de R_g la dada por la ley de Ohm:

$$V_g = I_g \cdot R_g$$

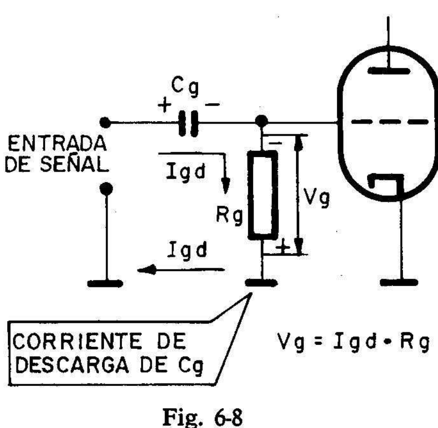


Fig. 6-8

La polaridad de V_g, mostrada también en la figura 6-8, hace negativa la rejilla respecto al cátodo.

I_g suele ser muy pequeña, pero como R_g es alta el valor de V_g puede ser el que interese. Si no hay señal de entrada que amplificar no se puede producir la carga del condensador ni la polarización de rejilla, luego sólo aparece tensión V_g cuando trabaja la válvula.

A este procedimiento se le llama de rectificación de la señal de rejilla, porque al aplicarse entre rejilla y cátodo la señal a amplificar y hacer positiva la rejilla de control en una parte de los semiciclos, parece como si estos dos electrodos se comportasen como un diodo rectificador.

EJERCICIOS DE LA LECCION 6.ª

Tachar con una cruz la respuesta correcta de cada pregunta.

1.ª PREGUNTA. — La clasificación de los amplificadores en las clases A, B y C viene determinada por:

a) El grado de amplificación conseguido.
b) La resistencia de carga.
c) La tensión de reposo que polariza la rejilla.

2.ª PREGUNTA. — En el amplificador de clase B:

a) Se amplifica toda la señal de entrada.
b) Se amplifica sólo el semiciclo negativo de la señal de entrada.
c) Se amplifica sólo el semiciclo positivo de la señal de entrada.

3.ª PREGUNTA. — El subíndice 1 se añade a los tipos de amplificación:

a) Cuando no se amplifica completa la señal de entrada.
b) Cuando la rejilla de control nunca se hace negativa.
c) Cuando la rejilla de control nunca se hace positiva.

4.ª PREGUNTA. — Cuando para polarizar la rejilla se le coloca una resistencia y un condensador se llama:

a) Polarización por cátodo.
b) Polarización por escape de rejilla.
c) Polarización por rectificación de la señal de rejilla.

5.ª PREGUNTA. — Cuando una válvula está polarizada por el circuito de rectificación de la señal de rejilla:

a) Nunca circula corriente por la rejilla.
b) Circula corriente constantemente por la rejilla.
c) Circula corriente por la rejilla cuando se aplica señal de entrada.

LECCION 7

AMPLIFICADORES DE BAJA FRECUENCIA

CIRCUITO BASICO DE UN AMPLIFICADOR

Con lo dicho ya se puede comprender el funcionamiento completo de una etapa clásica amplificadora cuyo esquema se presenta en la figura 7-1.

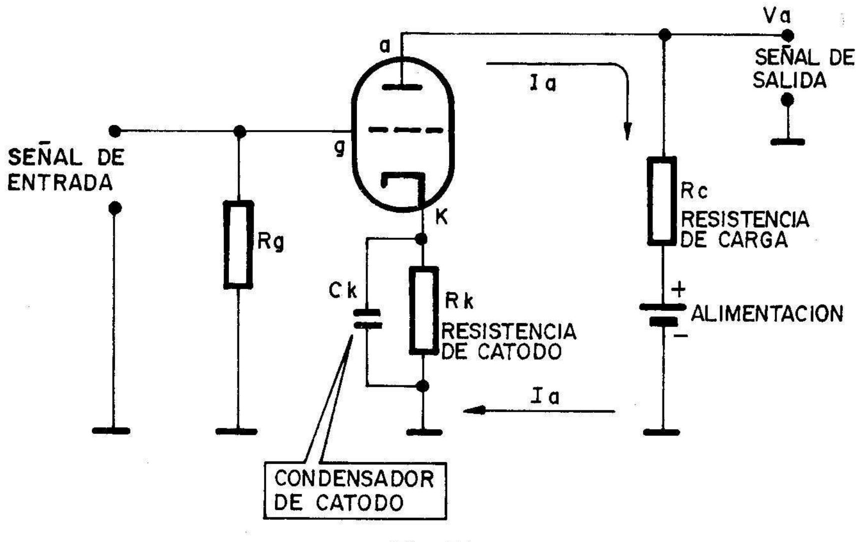


Fig. 7-1

La tensión de alimentación del circuito suele ser del orden de varios cientos de voltios y consistir en una fuente de alimentación que rectifica la c.a. de la red; no obstante, por simplicidad, en los esquemas se sigue representando como pila.

La resistencia de carga R_G influye directamente en el valor de la amplificación y ya se estudió cómo determina su valor la pendiente de la recta de carga y, por tanto, los puntos de funcionamiento de la válvula.

La resistencia y el condensador de cátodo, R_K y C_K, tienen por misión hacer negativa la rejilla de control para que la válvula trabaje en el punto de reposo elegido.

R_g es la resistencia entre cuyos extremos se aplica la señal de entrada que se ha de amplificar.

CLASES DE AMPLIFICADORES

Los amplificadores se pueden clasificar:

a) Según el punto de reposo:
1) Clase A.
2) Clase B.
3) Clase C.
4) Derivadas de las anteriores.

b) Según su misión:
1) Amplificadores de tensión.
2) Amplificadores de potencia.

c) Según la frecuencia de trabajo:
1) De baja frecuencia o audiofrecuencia.
2) De alta frecuencia o radiofrecuencia.

d) Según la posición que ocupen dentro del circuito:
1) Amplificadores de salida.
2) Amplificadores intermedios.

AMPLIFICADORES DE BAJA FRECUENCIA O AUDIOFRECUENCIA

Una de las clasificaciones más importantes de los amplificadores es la que se refiere a la frecuencia de trabajo, en donde se establecen dos grandes grupos: los de baja frecuencia y los de alta frecuencia.

Los amplificadores de baja frecuencia se llaman también de audiofrecuencia, porque se utilizan para amplificar señales cuya frecuencia está comprendida entre los 50 y los 16.000 Hz aproximadamente, margen en el que el oído humano es capaz de percibir los sonidos constituidos por vibraciones elásticas producidas normalmente en el aire, de donde proviene la denominación de «audiofrecuencia».

Los amplificadores de alta frecuencia son los encargados de amplificar señales no audibles, de elevada frecuencia, utilizadas ampliamente para la transmisión a largas distancias.

Aunque haya gran similitud entre los amplificadores de alta y de baja frecuencia, sobre todo en el funcionamiento básico, se empieza el estudio por los de baja frecuencia, para completarlo posteriormente con las particularidades propias de los de alta frecuencia.

ACOPLO DE LOS AMPLIFICADORES DE VARIAS ETAPAS

A veces con una sola válvula amplificadora, o sea, una etapa no se puede elevar la señal hasta el nivel requerido, por lo que la salida que se obtiene hay que amplificarla nuevamente en otra etapa.

Si a una etapa que amplifica 50 veces se le aplica una señal de 1 mV se obtiene una salida de 50 mV, los cuales, al ser aplicados a otra etapa que tenga amplificación 10 veces, producen en su salida 500 mV, que aplicados a otra etapa de amplificación 20 se convierten en 10.000 mV, proceso que queda reflejado en la figura 7-2.



Fig. 7-2

Hay dos tipos de acoplos que pueden intercalarse entre las diferentes etapas que forman el conjunto del amplificador:

1.°) Acoplo mediante resistencia y condensador.

2.°) Acoplo mediante transformador.

ACOPLO ENTRE ETAPAS MEDIANTE RESISTENCIA Y CONDENSADOR

Consiste en colocar entre la salida de una etapa amplificadora y la entrada de la siguiente una resistencia y un condensador, de forma similar a la expuesta en la figura 7-3.

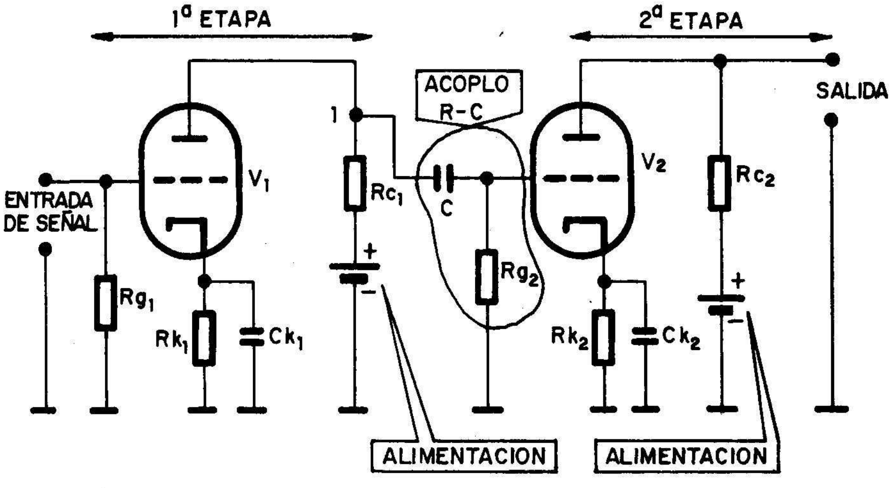


Fig. 7-3

Se vuelve a insistir en que la alimentación representada por una pila es en realidad una fuente de alimentación común, que se encarga de rectificar y filtrar la c.a. de la red.

En el punto 1 de la salida de la 1.ª etapa de la figura 7-3 existe una componente continua debida a la polarización fija de la rejilla de control y otra alterna producida por las variaciones de la tensión de entrada que se desea amplificar. A la segunda etapa, formada por la válvula V_2, sólo debe llegar la componente alterna, debiendo ser bloqueada la componente continua para que en la rejilla de control de V_2 no aparezca una tensión positiva, que saturaría la válvula y la llevaría a un agotamiento rápido.

El condensador C colocado entre la placa de V_1 y la rejilla de V_2 impide el paso de la componente continua, mientras deja pasar la componente alterna de salida de la primera etapa, a la cual sólo le presenta una resistencia o reactancia capacitiva cuyo valor viene dado por la siguiente fórmula:

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

La reactancia X_c depende de la frecuencia f de trabajo, que en el caso de los amplificadores de baja frecuencia se toma como promedio de 1.000 Hz, y del valor del condensador. Bloqueada la componente continua por el condensador, la alterna existente en el punto 1 se reparte entre ese condensador y la resistencia R_{g2} proporcionalmente al valor óhmico de ambos componentes. En la figura 7-4, a la parte de componente alterna que queda en el condensador se le llama V_{ca1} y a la de la resistencia, V_{ca2}.

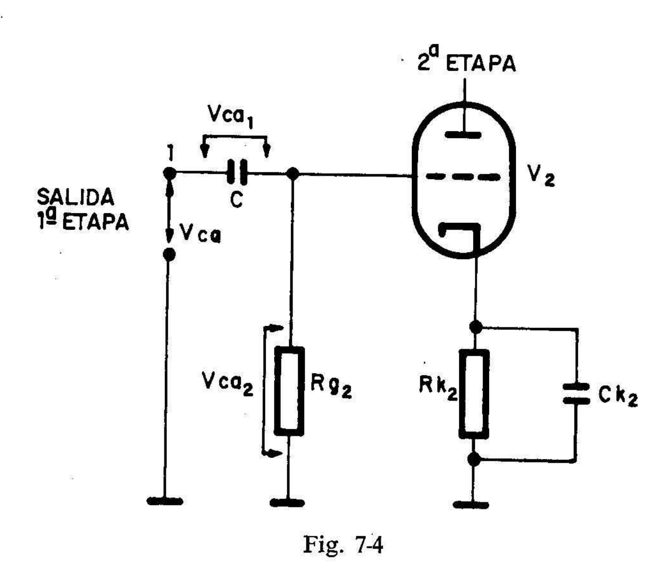


Fig. 7-4

La distribución de la componente alterna cumple la siguiente fórmula:

$$V_{ca1} + V_{ca2} = C_{ca}$$

Interesa que quede en la resistencia R_{g2} la mayor parte de la componente alterna, ya que es la parte que se aplica a la entrada de la válvula V_2 para que vuelva a ser amplificada. Sin embargo, la tensión V_{ca1} que queda en el condensador no se aprovecha, por lo que interesa que sea lo menor posible.

Si la frecuencia de trabajo es baja la X_c del condensador de acoplo es elevada, quedándose en él una gran parte de la componente alterna a amplificar, puesto que el reparto de dicha componente es proporcional al valor óhmico del condensador y la resistencia.

En un circuito tal como el que se presenta en la figura 7-5 el reparto de la componente de 60 mV es el que se indica en la figura, en una frecuencia de trabajo de 1.000 Hz.

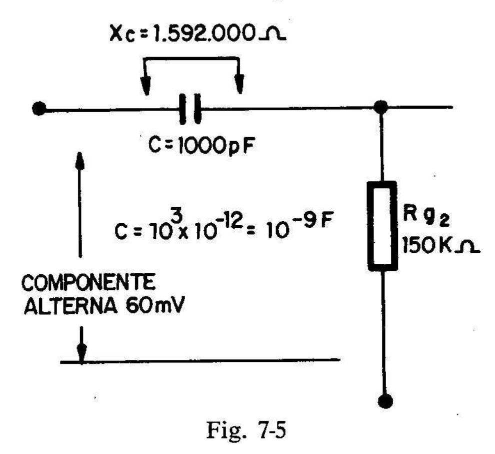


Fig. 7-5

El valor de la reactancia del condensador se obtiene aplicando la fórmula correspondiente:

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 10^{-12}} = 1.592 \text{ K}\Omega$$

Como la resistencia del condensador es 10 veces mayor que la de R_{g2} (150 KΩ) quedan en él aproximadamente las diez onceavas partes de la tensión total aplicada, o sea, $\frac{10 \times 60}{11} = 54{,}5$ mV.

De esta forma, la señal de 60 mV que entregaba V_1 queda reducida en 54,5 mV, que absorbe el condensador de bloqueo de la componente continua, pasando a la segunda etapa sólo 5,5 mV.

En las frecuencias altas el condensador de acoplamiento presenta una baja reactancia, pero entonces hay que tener en cuenta que en paralelo con R_{g2} existe una capacidad parásita formada por el conjunto de las capacidades interelectródicas de la válvula y la procedente del conexionado del montaje, como se representa en la figura 7-6.

Si se considera que la capacidad parásita es del orden de los 100 pF y la frecuencia de trabajo (alta) de 1 MHz, el valor de la reactancia del condensador ficticio será:

$$X_c \text{ parásita} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 10^{-12}} = 1.592 \ \Omega$$

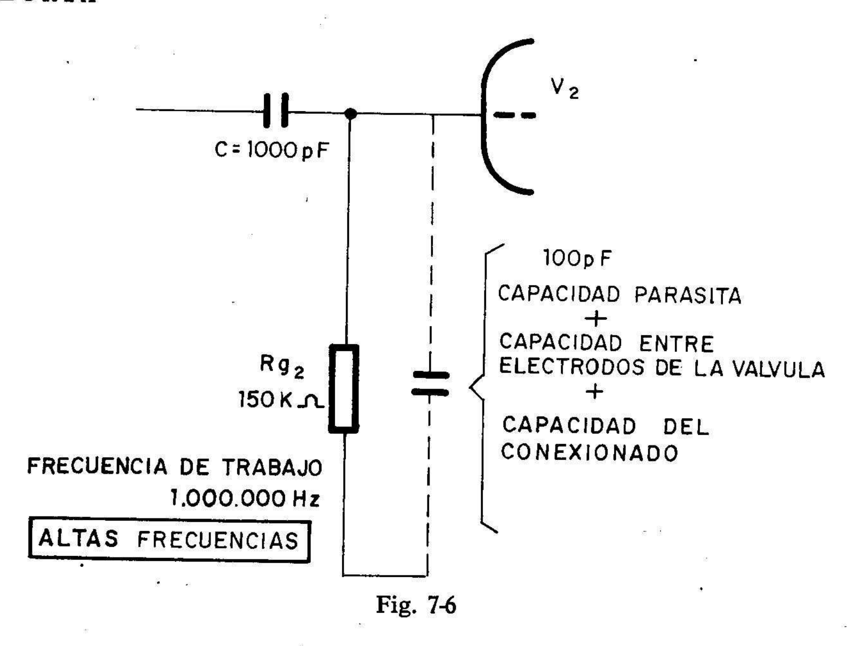


Fig. 7-6

Al quedar este condensador parásito de 1.592 Ω de reactancia en paralelo con R_{g2}, de 150 KΩ, la resistencia equivalente de los dos elementos en paralelo es menor que el que tenga menos valor, o sea, inferior a 1.592 Ω, con lo que se reduce notablemente en altas frecuencias el valor de la resistencia de acoplo y también

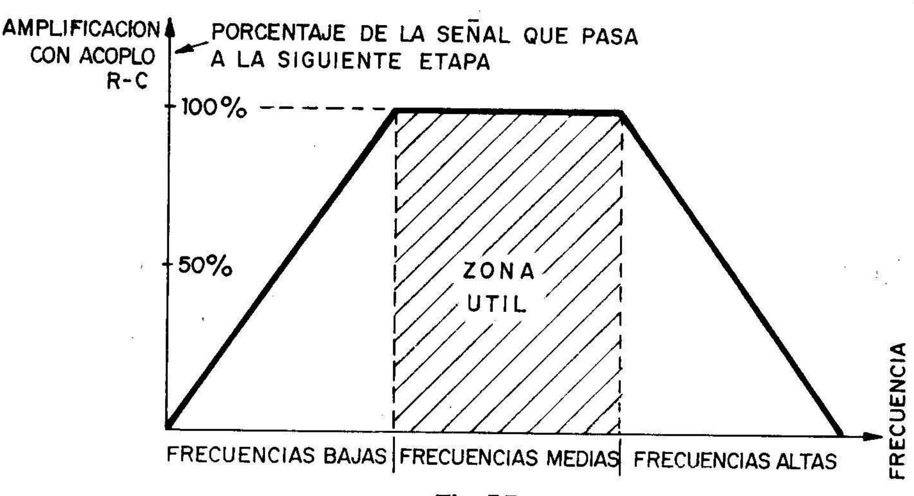


Fig. 7-7

el valor de la componente alterna que se aplica a la segunda etapa.

Unicamente en las frecuencias medias el tipo de acoplo por resistencia y condensador mantiene un nivel de amplificación aceptable. En las frecuencias bajas el condensador de acoplo, por su alta reactancia, absorbe la mayor parte de la señal amplificada por la etapa precedente, en las frecuencias altas el valor de la resistencia R_{g2} queda notablemente disminuido por el efecto de la capacidad parásita que aparece en paralelo con ella. Lo expuesto queda reflejado en el gráfico de la figura 7-7.

Una variante del acoplo *R-C* es el llamado *L-C*, en el cual se sustituye la resistencia de carga de la primera etapa del amplificador por una bobina, consiguiéndose con ello que la resistencia que ésta opone a la c.c. sea muy pequeña, elevándose la tensión media de trabajo en el ánodo de la válvula correspondiente V_1, con lo que se mejora la ganancia. La bobina presenta a la componente alterna una alta reactancia, que viene determinada por la fórmula $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$. Este procedimiento se muestra en la figura 7-8.

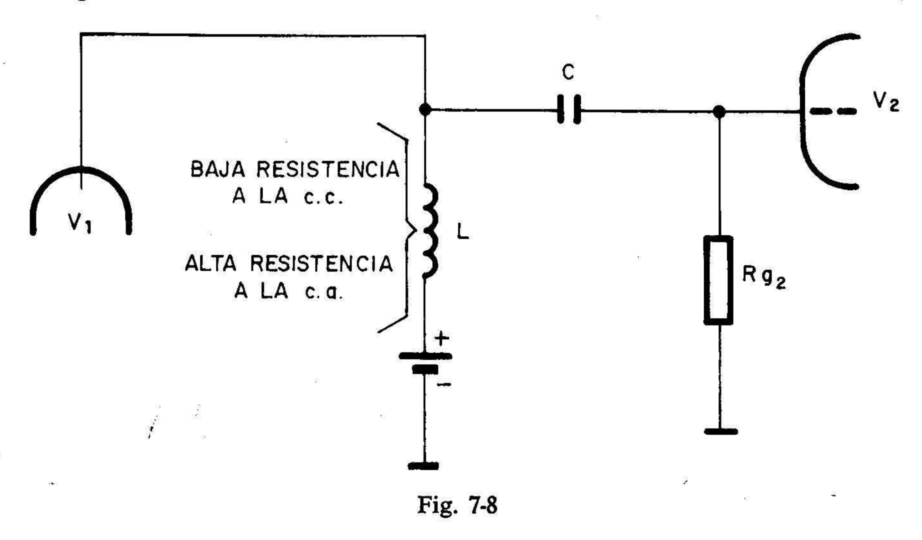


Fig. 7-8

ACOPLO ENTRE ETAPAS MEDIANTE TRANSFORMADOR

En lugar de utilizar una resistencia y un condensador para acoplar dos etapas sucesivas se puede usar un transformador,

habida cuenta que este componente sólo deja pasar a su secundario la componente alterna, eliminando la continua. En la figura 7-9 se muestra un amplificador de dos etapas acopladas por transformador.

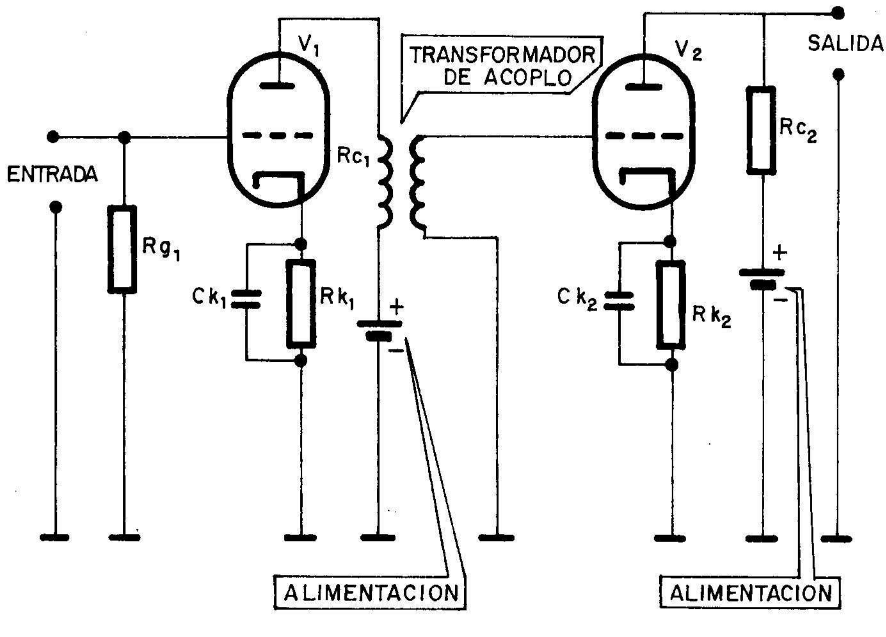


Fig. 7-9

El uso del transformador en los acoplos interetapas no es muy frecuente, por dos razones:

1.ª) Es un elemento grande, pesado y caro.

2.ª) El primario del transformador actúa como carga de la válvula V_1 presentando poca resistencia a la componente continua, por lo que consume poca parte de ella; sin embargo, a la componente alterna le presenta una reactancia que depende de la frecuencia según la fórmula $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$. De forma que al variar la frecuencia de trabajo lo hace también la carga de la válvula y, consecuentemente, su amplificación, obteniéndose el gráfico de ampliación/frecuencia de la figura 7-10.

Estos inconvenientes del transformador hacen que se evite su uso, prefiriendo aumentar la amplificación de las etapas o el número de ellas utilizando el acoplo *R-C*. Hay casos en los que se

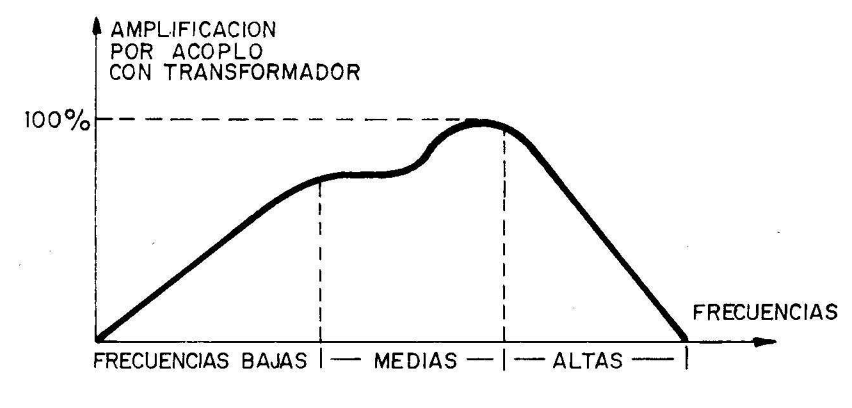


Fig. 7-10

hace imprescindible el uso del transformador, como cuando hay problema con los acoplos de impedancias, cosa que sucede frecuentemente en los amplificadores de salida.

A continuación, en la figura 7-11, se presenta un amplificador de tres etapas acopladas las dos primeras por resistencia y condensador y las dos últimas por transformador.

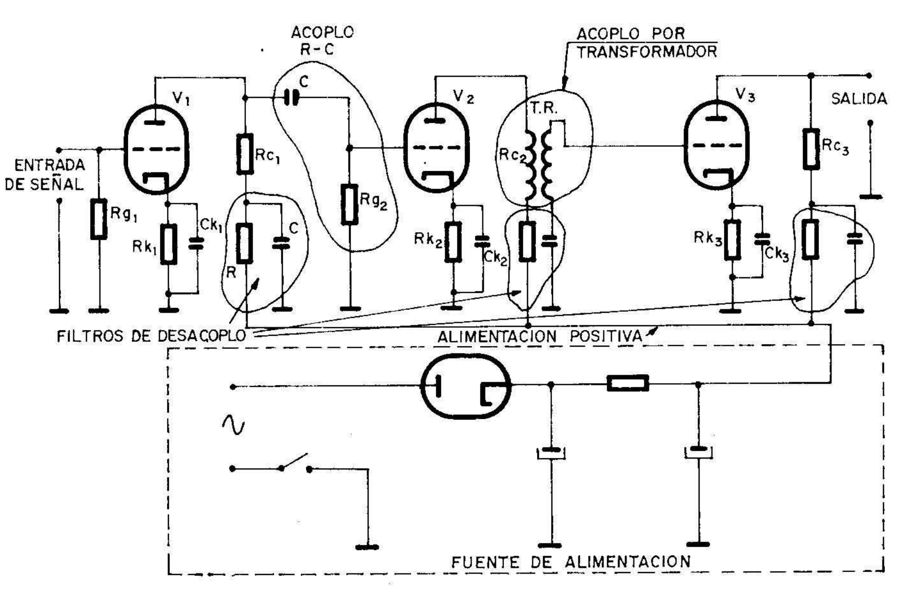


Fig. 7-11

En el amplificador de la figura anterior se ha colocado una fuente de alimentación común para alimentar los ánodos de las válvulas, en lugar de pilas. Para evitar que las componentes alternas que circulan por las válvulas entren en la fuente de alimentación y a través de ella puedan pasar a otras etapas o circuitos alimentados también por la misma fuente, se han colocado tres filtros de desacoplo, formados por una resistencia y un condensador a masa. La componente alterna al llegar a dichos filtros se deriva por el condensador a masa, evitándose así que entre en la fuente de alimentación. La componente continua, al no poder pasar por el condensador, que la bloquea, no tiene otro remedio que entrar por la resistencia del filtro a la fuente.

Si las etapas estuviesen constituidas por pentodos en lugar de triodos responderían al circuito de la figura 7-12.

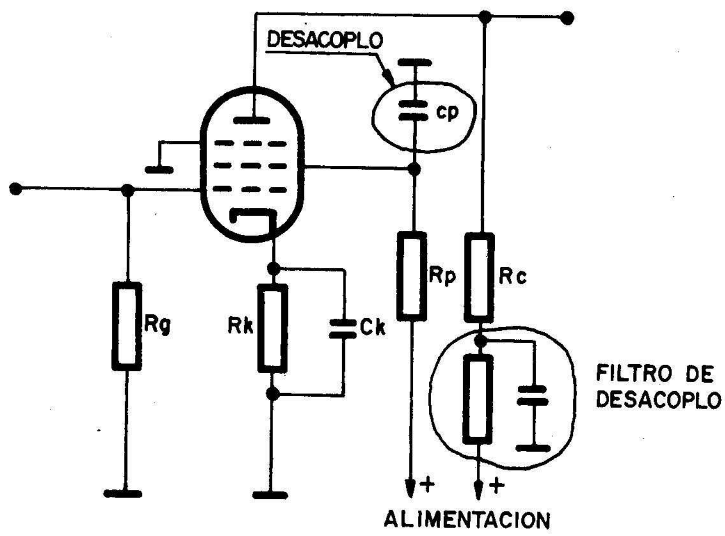


Fig. 7-12

Las únicas dos particularidades del pentodo son las derivadas de las polarizaciones de las nuevas rejillas. Así, la rejilla pantalla se polariza positivamente desde la fuente de alimentación a través de una resistencia R_p. También, y para evitar que pase a la fuente la componente alterna de la pantalla, se coloca en este electrodo un condensador de desacoplo a masa. La rejilla supresora se manda a masa o bien ya viene preparada de fábrica conectada internamente al cátodo, que apenas tiene tensión.

EJERCICIOS DE LA LECCION 7.ª

Tachar con una cruz la respuesta correcta de cada pregunta.

1.ª PREGUNTA. — Entre tres etapas que amplifiquen 10 veces cada una, amplificarán en conjunto:

a) 30 veces.
b) 300 veces.
c) 1.000 veces.

2.ª PREGUNTA. — El acoplo *R-C* se prefiere al de transformador:

a) Porque técnicamente es mejor.
b) Porque es más económico y menos voluminoso.
c) Se logra con él una amplificación más uniforme.

3.ª PREGUNTA. — En el acoplo *R-C* el valor del condensador debe ser:

a) Alto.
b) Bajo.
c) Medio.

4.ª PREGUNTA. — Usando el acoplo *R - C* se logran las mayores amplificaciones en frecuencias:

a) Elevadas.
b) Bajas.
c) Medias.

5.ª PREGUNTA. — Un grave inconveniente en el acoplo de etapas por transformador es:

a) Que con el transformador también se puede elevar la señal mediante la adecuada relación de espiras.
b) Que al variar la frecuencia de trabajo lo hace también la reactancia del primario y se altera con ello la amplificación.
c) Que se consigue muy poco paso de señal.

1.er PROBLEMA

La componente alterna de salida de una etapa amplificadora es de 500 mV en una frecuencia de 1.000 Hz. Si se acopla a la siguiente etapa por medio de un condensador de 10 K y una resistencia de 1 MΩ, calcular la parte de esa tensión que pasa a la segunda etapa.

LECCION **8**

AMPLIFICADORES DE SALIDA

INTRODUCCION

En la lección anterior se trató de los amplificadores de varias etapas, con los que se pretendía el aumento del nivel de tensión de la señal de entrada. Eran circuitos en los que las variaciones de intensidad eran pequeñas, porque la salida de cada etapa se aplicaba a la rejilla de control de la siguiente, la cual apenas tiene consumo de corriente. Esto indica que, aunque se eleve el nivel de la tensión, al no circular corriente, la potencia $P = V \cdot I$ es insignificante en todas las etapas aludidas.

La elevación de la tensión se realiza para poder atacar finalmente una carga que al ser excitada produzca el efecto deseado. Así, en un aparato de radio la meta final es la de activar un altavoz, que transforme en sonido la señal captada por la antena; en un televisor, producir la imagen en la pantalla; en un circuito industrial, excitar la bobina de un relé, etc. Todas estas cargas últimas que transforman las señales eléctricas en el efecto deseado (sonido, imagen, movimiento) precisan una corriente elevada. La última etapa del amplificador, que debe alimentar a la carga, se denomina «de salida» o «de potencia», pues funciona de manera diferente a las anteriores, que se limitan a elevar la tensión. La etapa de salida debe proporcionar, además de tensión, corriente, en una palabra, «potencia»; para ello la resistencia de carga que hay que colocar debe ser de valor bastante inferior a las que se incluyen en los amplificadores de tensión, con objeto de conseguir que las variaciones de tensión no sean importantes y las de corriente sí. En la práctica, y en la teoría, para lograr la máxima amplificación de potencia con una válvula hay

que ponerle una resistencia de carga cuyo valor óhmico sea igual a la interna de la válvula.

El acoplo entre la etapa de salida y la carga final se efectúa casi siempre por transformador, que tiene una misión doble: por un lado, dejar pasar al secundario sólo las variaciones de la componente alterna motivadas por la señal, y, por otro, adopta las impedancias entre la carga de la válvula y la carga final (altavoz, tubo de imagen, relé). El circuito clásico de una etapa de salida se muestra en la figura 8-1.

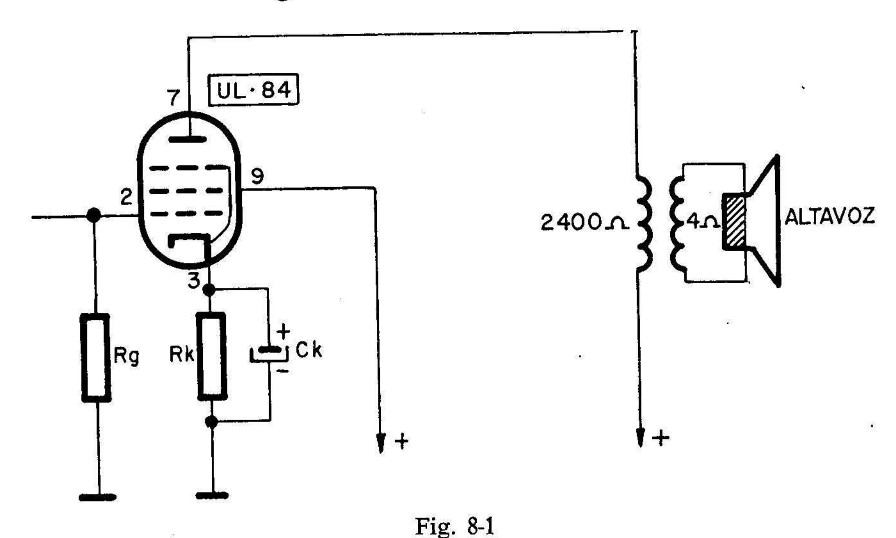


Fig. 8-1

La válvula UL-84 de la figura 8-1 constituye el elemento primordial de la etapa de salida que excita el altavoz y precisa una impedancia de carga de 2.400 Ω. El altavoz tiene una impedancia de 4 Ω, luego no se puede colocar como carga directamente en el ánodo de la válvula. El acoplo correcto entre la válvula y el altavoz se consigue con un transformador cuyo primario, conectado a la placa, tenga una impedancia de 2.400 Ω y el secundario, unido al altavoz, de 4 Ω.

La relación entre la impedancia del primario y del secundario de un transformador es proporcional al cuadrado de la relación de espiras.

$$\frac{\text{Z primaria}}{\text{Z secundaria}} = \frac{N_1^2}{N_2^2}$$

Siendo N_1 y N_2 el número de espiras del primario y del secundario.

Luego la relación de espiras del transformador de acoplo de la etapa de salida ha de ser tal que la impedancia del primario tenga el mismo valor que la resistencia interna de la válvula, y la impedancia del secundario, la de la carga final.

TIPOS BASICOS DE DISTORSIONES

A) Distorsión de frecuencia: Cuando el amplificador no tiene la misma ganancia en las diferentes frecuencias de la señal de trabajo. En la figura 8-2 se observa en el gráfico que mientras en frecuencias altas se consigue una amplificación del 100 %, en las bajas sólo alcanza un 25 %; en otros tipos de circuitos amplificadores estos porcentajes varían.

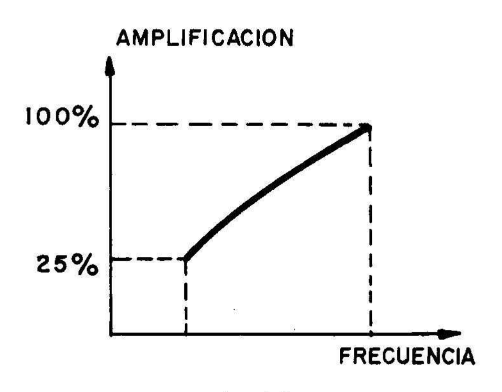


Fig. 8-2

B) Distorsión de amplitud: Es la debida a que la válvula trabaja en la zona curva de la recta de carga dinámica, como se puede apreciar en la figura 8-3, en la que el semiciclo positivo produce una variación de corriente mayor que el negativo.

C) Distorsión por retardo: Una señal tarda en atravesar un amplificador un tiempo diferente según su frecuencia. Cuanto mayor sea ésta menos tiempo tarda en pasar la señal, lo cual produce un adelanto de fase respecto a las señales de frecuencia menor.

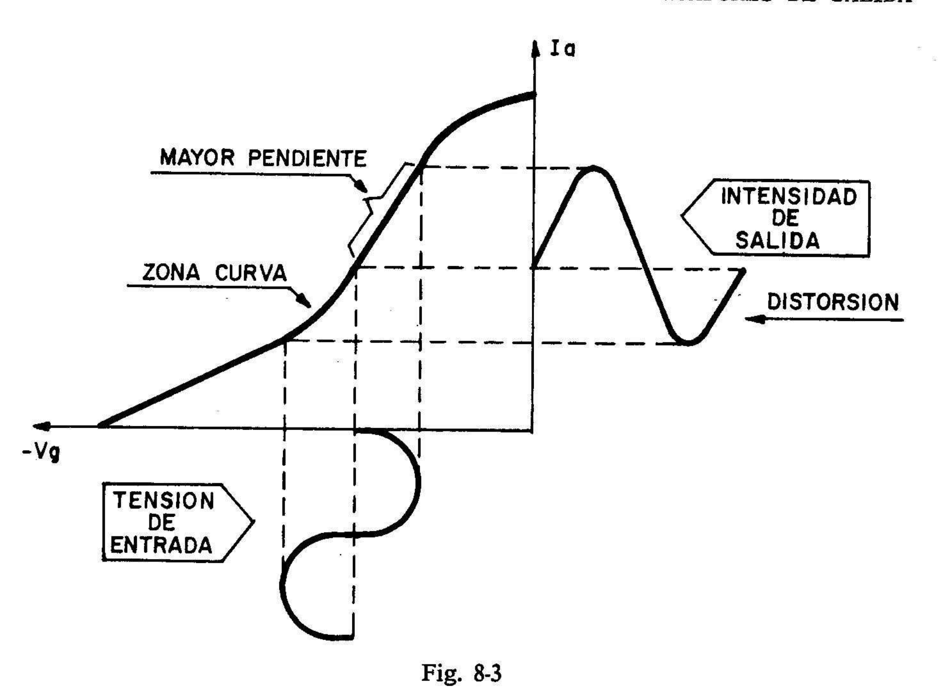


Fig. 8-3

EL AMPLIFICADOR EN CONTRAFASE

El circuito elemental de un amplificador en contrafase es el representado en la figura 8-4.

El amplificador está formado por dos válvulas en paralelo, atacadas en rejilla de control por sendas señales iguales, pero opuestas, es decir, desfasadas 180° entre sí. Cuando la señal V_{g1} describe el semiciclo positivo la V_{g2} está describiendo el negativo, y viceversa, lo cual supone que mientras una válvula conduce mucha intensidad la otra conduce poca. Esto se representa gráficamente en las curvas características de las válvulas, en la figura 8-5.

La intensidad que circula por el primario del transformador es la suma de las de cada válvula; lo que supone en términos generales duplicar la potencia del amplificador.

La polarización en los puntos A_1 y A_2 de la figura 8-5 se consigue mediante la resistencia R_K sin necesidad del condensador en paralelo, pues las componentes alternas, al ser iguales y opuestas, se anulan en su suma.

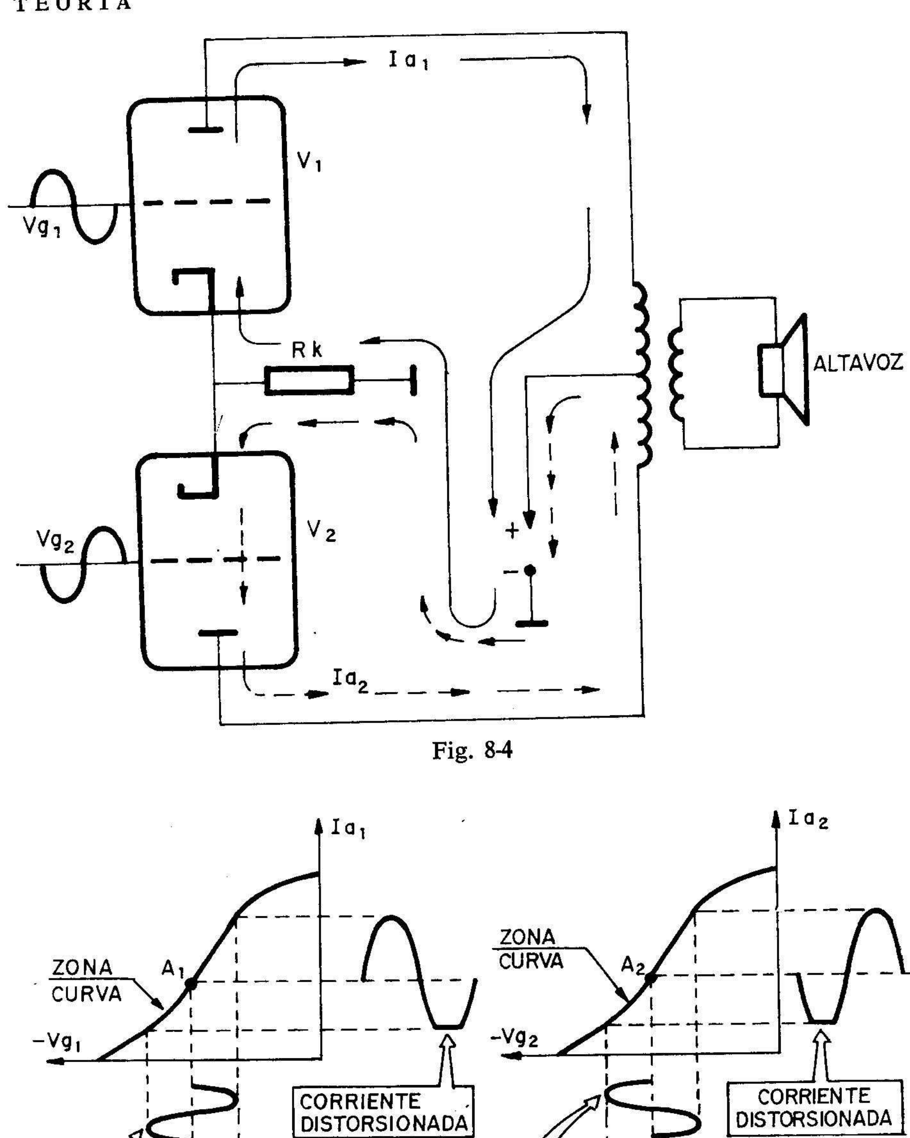

Ia1
V1
Vg1
Rk
ALTAVOZ
V2
Vg2
+
-
Ia2

Fig. 8-4

Ia1
ZONA
CURVA
A1
-Vg1
CORRIENTE
DISTORSIONADA
ZONA DE
DISTORSION
Ia2
ZONA
CURVA
A2
-Vg2
CORRIENTE
DISTORSIONADA
ZONA DE DISTORSION
SEÑALES IGUALES
Y DESFASADAS 180°

Fig. 8-5

Las distorsiones se producen al aproximarse los picos de las señales de entrada V_{g1} y V_{g2} a las zonas no lineales de las curvas características dinámicas, que en el amplificador en contrafase estarían muy atenuadas, puesto que si la distorsión se produjese en la zona más negativa de la señal, cuando una válvula trabaje en dicha zona la otra lo hará en los puntos opuestos, donde no hay distorsión, compensando en parte el efecto perjudicial.

INVERSORES DE FASE

Una de las necesidades peculiares de los amplificadores en contrafase la constituye las dos señales iguales y opuestas que hay que suministrar a las rejillas de control de las dos válvulas. Los elementos o circuitos encargados de producir esas dos señales partiendo de una sola obtenida de los pasos anteriores son de dos tipos:

A) Transformador con toma media

Como se explicó en las fuentes de alimentación de doble onda, en el segundo tomo de esta obra, un transformador cuyo secundario tenga una toma media produce en sus extremos dos señales iguales y desfasadas entre sí 180°. En la figura 8-6 se indica la actuación del transformador con toma media y la entrega a las dos válvulas de las señales en oposición.

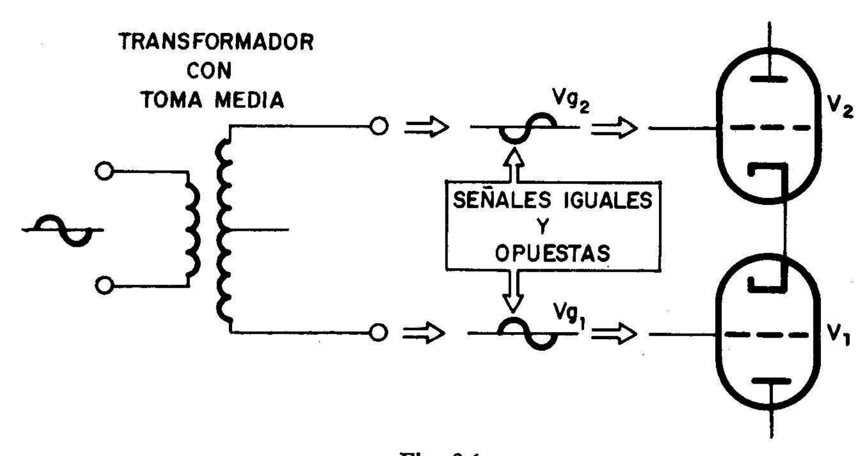


Fig. 8-6

B) Circuitos inversores con válvulas

Una etapa amplificadora se caracteriza por producir una señal de salida desfasada 180° con respecto a la de entrada, y además de mayor amplitud. Aprovechando esta característica se pueden obtener dos señales opuestas en la etapa amplificadora previa a la contrafase, como se muestra en la figura 8-7.

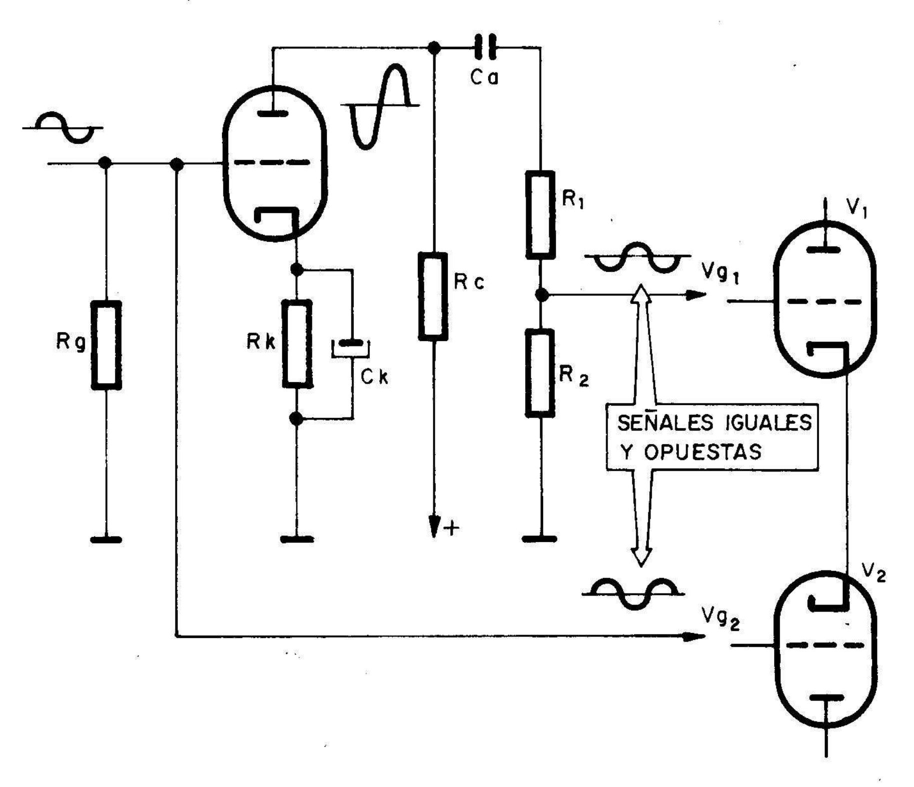


Fig. 8-7

Como la señal amplificadora que hay en la salida es bastante mayor que la de entrada que se aprovecha directamente para atacar al contrafase hay que rebajarla mediante el divisor de tensión formado por R_1 y R_2, hasta que ambas señales sean de igual amplitud. Entre extremos de R_2 se obtiene una señal igual a la de entrada, pero desfasada 180°.

También pueden conseguirse estas dos señales opuestas sacando una de ellas de la resistencia de cátodo, en lugar de la entrada directamente. Esa señal está en fase con la de entrada, por ser proporcional a la intensidad que circula por la válvula; la otra, como en el caso anterior, se toma de un divisor de tensión formado por R_1 y R_2, en la salida de la válvula, como se indica en la figura 8-8.

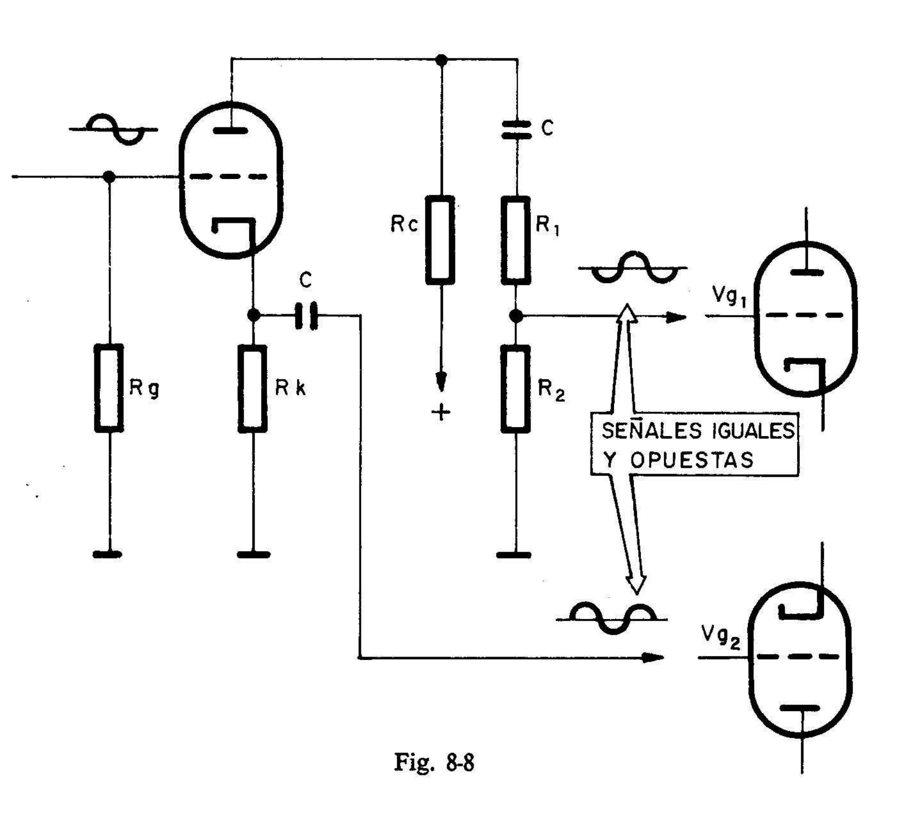


Fig. 8-8

EJERCICIOS DE LA LECCION 8.ª

Tachar con una cruz la respuesta correcta de cada pregunta.

1.ª PREGUNTA. — Un amplificador de salida se caracteriza por:

a) Un elevado factor de amplificación.
b) Entrega bastante potencia a la carga.
c) Tiene una alta resistencia de carga.

2.ª PREGUNTA. — El transformador que se usa en la etapa de salida y delante de la carga sirve:

a) Para realizar el acoplo de impedancias.
b) Para elevar el nivel de la señal.
c) Para conseguir una amplificación más uniforme.

3.ª PREGUNTA. — La distorsión de amplitud es producida por:

a) El trabajo del amplificador con señales de diferente frecuencia.
b) El retardo que produce el amplificador al ser atravesado por las señales.
c) Al trabajo de la válvula en la zona curva de la recta de carga dinámica.

4.ª PREGUNTA. — Las ventajas del contrafase son:

a) Señales desfasadas 180º y uso de dos válvulas.
b) Doblar la potencia con menos válvulas.
c) Doblar la potencia y atenuar las distorsiones.

5.ª PREGUNTA. — El inversor de fase con transformador sirve para:

a) Obtener dos señales iguales.
b) Obtener dos señales opuestas.
c) Que sea atacado por el contrafase.

6.ª PREGUNTA. — Los inversores de fase electrónicos se basan en que en una válvula:

a) La intensidad de ánodo es opuesta a la de rejilla.
b) La tensión de salida es opuesta a la de entrada.
c) La intensidad de cátodo es opuesta a la de ánodo.

LECCION **9**

CIRCUITOS RESONANTES

INTRODUCCION

Para el estudio de los amplificadores de alta frecuencia o radiofrecuencia hay que conocer los circuitos resonantes formados por una bobina y un condensador, colocados en serie o en paralelo. Estos circuitos son casi indispensables en el funcionamiento de los amplificadores que trabajan en frecuencias elevadas.

EL CIRCUITO RESONANTE EN PARALELO

Se llama circuito resonante paralelo al conjunto de una bobina y una capacidad, conectados en paralelo a una determinada tensión alterna, según indica la figura 9-1.

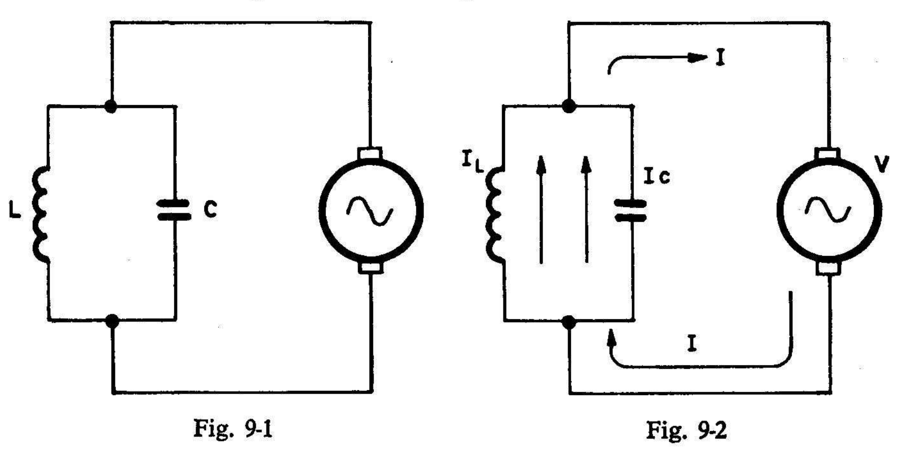


Fig. 9-1

Fig. 9-2

Supóngase que en el circuito anterior la tensión alterna tiene un valor eficaz V y es de una frecuencia F.

En la figura 9-2 se observa la distribución de las intensidades, habiéndose llamado I_L a la intensidad a través de la bobina, I_C a la que atraviesa el condensador e I a la intensidad total exterior.

Cuando a una bobina se le aplica una tensión alterna la intensidad no queda en fase con ella, sino retrasada un cuarto de período. Esto puede ser representado gráficamente como se muestra en la figura 9-3.

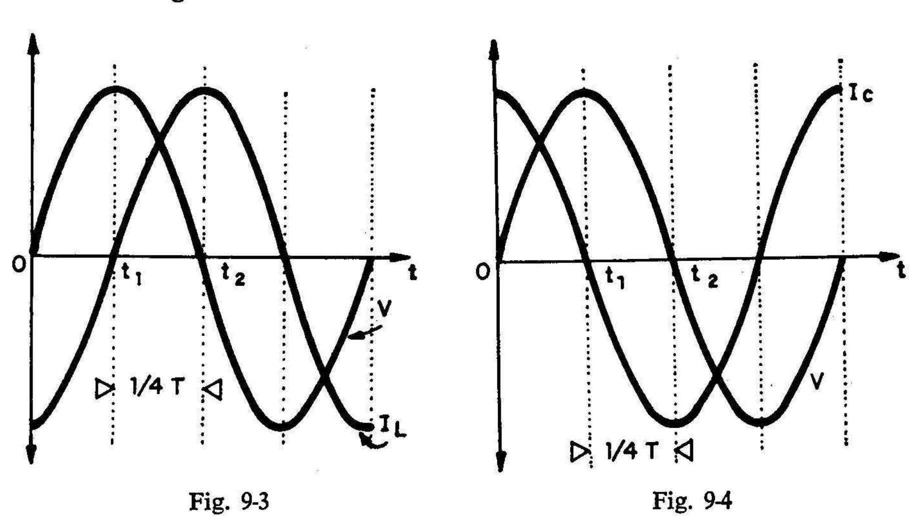


Fig. 9-3

Fig. 9-4

En la figura anterior se aprecia que un máximo de la tensión se alcanza en un instante t_1, mientras que el máximo correspondiente a la intensidad se alcanza en el t_2, es decir, un cuarto de período más tarde que t_1. Lo mismo se puede decir de los momentos en que se anulan tensión e intensidad: si la tensión V se anula en el instante 0, la intensidad se anula en el momento t_1, es decir, un cuarto de período más tarde. En definitiva, la intensidad pasa por estados análogos a los de la tensión (máximos, ceros, etc.) un cuarto de período más tarde que ésta. De aquí que se diga que «la corriente que recorre una bobina está retrasada un cuarto de período respecto de la tensión aplicada a dicha bobina». Por el contrario, cuando a un condensador se le aplica una tensión alterna la intensidad queda adelantada un cuarto de período respecto a dicha tensión. Esto queda representado en la figura 9-4.

Llamando V a la tensión aplicada al condensador e I_0 a la intensidad que por él circula, los máximos, los ceros y en general cualquier valor se alcanza un cuarto de período antes por la intensidad que por la tensión. Por eso se dice que «la intensidad que circula por un condensador está adelantada un cuarto de período respecto a la tensión alterna aplicada a dicho condensador».

Volviendo al circuito resonante paralelo, se representa en un único gráfico la tensión V aplicada a la bobina y al condensador, puesto que están en paralelo la intensidad I_L que circula por la bobina y la intensidad I_C que lo hace por el condensador.

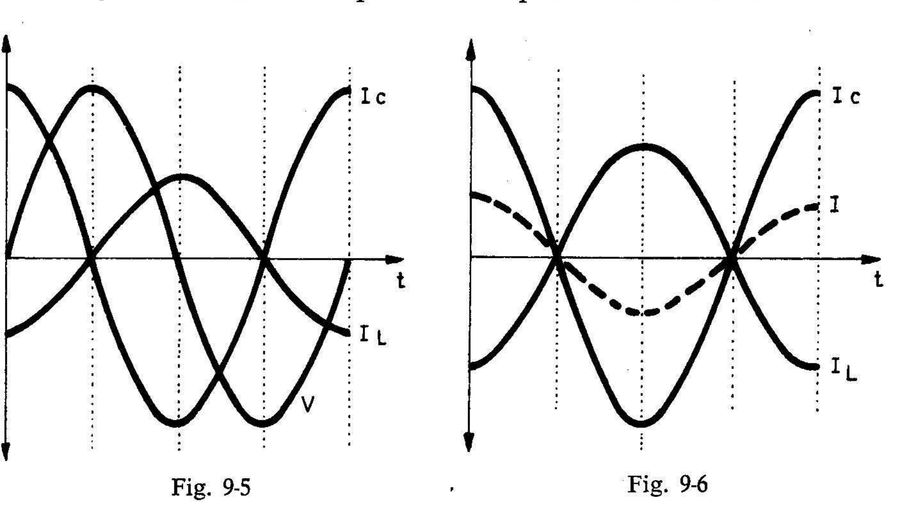


Fig. 9-5 Fig. 9-6

En la figura 9-5 se ve que las intensidades I_L e I_C, una retrasada y la otra adelantada un cuarto de período respecto a la tensión, quedan en oposición entre sí. La intensidad total I representada en la figura 9-2 será en todo momento, según se aprecia en dicha figura, la suma de las dos intensidades I_L e I_C. En la figura 9-6 se representa la forma y magnitud de la I total.

Se aprecia que siempre que I_C e I_L sean distintas en amplitud, aunque estén en oposición, hay una resultante I por el circuito exterior. Sin embargo, cuando las I_C e I_L sean iguales, su suma, es decir la I total, es nula en el circuito externo, como se demuestra en la figura 9-7.

Como la tensión V aplicada es común para la bobina y el condensador, las dos intensidades I_L e I_C serán iguales si $X_L = X_C$,

pues: $I_L = \dfrac{V}{X_L}$; $I_C = \dfrac{V}{X_C}$ teniendo en cuenta que $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$ y que $X_C = \dfrac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$.

Por tanto, las dos reactancias dependen de la frecuencia f, y para una L y una C fijas hay un determinado valor de f en el que $X_L = X_C$, recibiendo esta frecuencia la denominación «de resonancia», cuyo valor viene dado por la siguiente fórmula:

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$$

Para la frecuencia de resonancia f_0 las reactancias del condensador y de la bobina coinciden y la intensidad del circuito externo es nula.

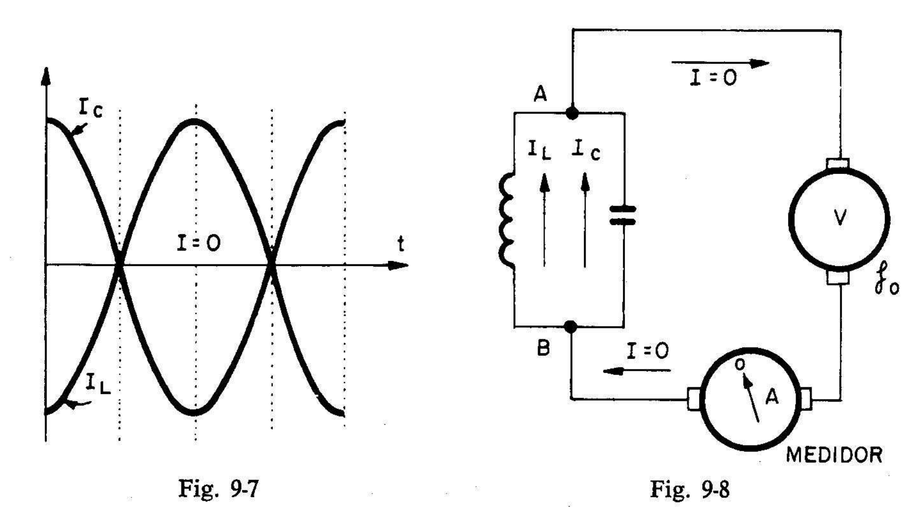


Fig. 9-7

Fig. 9-8

CONCLUSIONES:

Si en la figura 9-8, cuando la tensión alterna V tiene la frecuencia de resonancia f_0 del circuito resonante paralelo, al poner un amperímetro como el dibujado en el circuito exterior, no marca ningún paso de corriente, siendo $I = 0$. Ahora bien, si al aplicar entre A y B una diferencia de potencial alterno no circula corriente por el circuito externo, la impedancia entre dichos puntos es infinita.

Por lo tanto, se puede enunciar lo siguiente: «La impedancia que presenta un circuito resonante paralelo entre sus extremos es infinita si la frecuencia de la tensión aplicada es la de resonancia de dicho circuito». A medida que la frecuencia se va alejando de la de resonancia, ya sea haciéndose mayor o menor, la impedancia va disminuyendo rápidamente, como se representa en la figura 9-9.

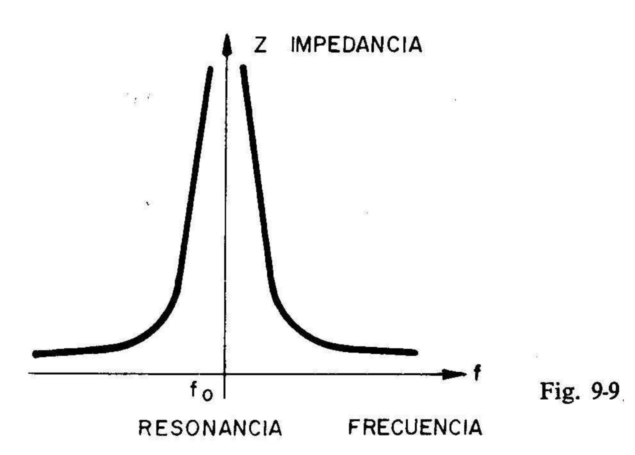


Fig. 9-9

En el gráfico anterior se representa la impedancia en función de la frecuencia, apreciándose que en la frecuencia de resonancia f_0 la impedancia Z vale infinito, mientras que en frecuencias mayores y menores dicha impedancia disminuye rápidamente.

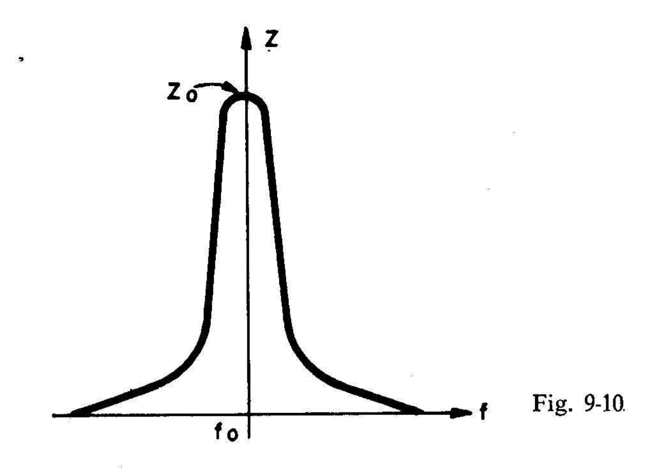


Fig. 9-10

Hay que puntualizar que aunque en teoría la impedancia es infinita en la frecuencia de resonancia, en la práctica no llega a serlo, por altos que sean los valores alcanzados. La representación del caso real la podemos ver en la figura 9-10.

El gráfico precedente nos indica que entre extremos de un circuito resonante paralelo la impedancia es máxima en la frecuencia de resonancia, disminuyendo rápidamente en las frecuencias más lejanas, hasta anularse. «Un circuito resonante paralelo actúa como impedancia variable, según la frecuencia».

La impedancia equivalente de un circuito resonante paralelo, formado por una bobina de autoinducción L y un condensador de capacidad C, con una resistencia óhmica R de la rama, vale:

$$Z = \frac{L}{\sqrt{C \cdot R}}$$

EL CIRCUITO RESONANTE SERIE

Se llama circuito resonante serie al formado por una bobina y un condensador en serie, a los que se les aplica una tensión alterna como se muestra en la figura 9-11.

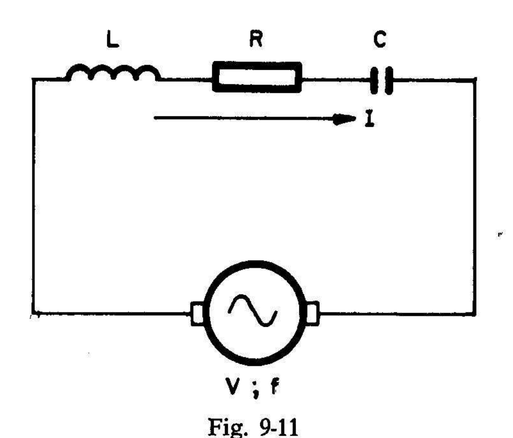


Fig. 9-11

También se ha representado en la figura anterior la resistencia R de la bobina, debida al propio hilo que la forma. Se sabe por electricidad que la impedancia de un circuito serie vale:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Como en el caso del circuito paralelo, podemos decir que tanto X_L como X_C, para un determinado valor de L y de C, dependen de la frecuencia f. Hay un valor de la frecuencia, llamado «de resonancia», f_0, que es igual a $f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$ que hace que $X_L = X_C$. En esta frecuencia la impedancia queda reducida a $Z = \sqrt{R^2} = R$, esto es, el valor mínimo que puede alcanzar la impedancia de un circuito resonante serie es igual al de la resistensia óhmica cuando la frecuencia es la de resonancia.

EFECTO DE SOBRETENSION

En la figura 9-12 se representa un circuito serie al que se supone se aplica una tensión de la frecuencia de resonancia.

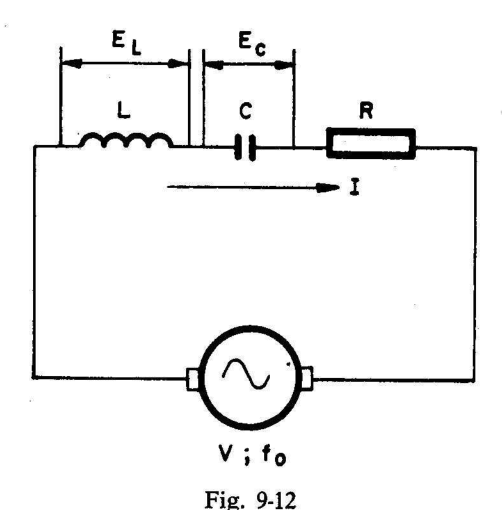


Fig. 9-12

La intensidad que pasa por el circuito, I, será igual a la tensión aplicada dividida por la impedancia del circuito serie, que por trabajar en la frecuencia de resonancia vale sólo R.

$$I = \frac{V}{R} \qquad (9\text{-}1)$$

Llamando E_L a la tensión alterna entre bornes de la bobina y E_C a la existente entre extremos del condensador, se cumplirá según la ley de Ohm:

$$E_L = I \cdot X_C$$

$$E_C = I \cdot X_L$$

Sustituyendo el valor de I de la ecuación (9-1)

$$E_L = \frac{V}{R} \cdot X_L$$

$$E_C = \frac{V}{R} \cdot X_C$$

Las ecuaciones anteriores pueden escribirse de la siguiente forma:

$$E_L = \frac{X_L}{R} \cdot V \quad \text{y} \quad E_C = \frac{X_C}{R} \cdot V$$

Llamando Q al cociente

$$\frac{X_L}{R} = \frac{X_C}{R} = Q$$

y sustituyendo este valor en las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$E_L = Q \cdot V \quad \text{y} \quad E_C = Q \cdot V \qquad (9\text{-}2)$$

Téngase en cuenta que en la frecuencia de resonancia $X_L = X_C$ Q recibe el nombre de «factor de calidad» y puede tener valores altos, como por ejemplo del orden de 100. Analizando las ecuaciones 9-2 se aprecia que hay a primera vista un efecto paradójico: «la tensión E_L entre extremos de la bobina y la E_C entre extremos del condensador puede ser 100 veces mayor ($E_L = E_C = Q \cdot V$) que la total V aplicada al circuito resonante serie, cuando la frecuencia coincide con la de resonancia». A este fenómeno de aparición dentro de un circuito de una tensión mucho mayor que la total aplicada se llama «efecto de sobretensión». En cualquier otra frecuencia distinta de la de resonancia este fenómeno no se produce y las tensiones en el interior del circuito (E_L y E_C) son inferiores a la total aplicada como es lógico y normal. Este fenómeno de sobretensión es muy importante y constituye la base de los sistemas de captación de emisoras.

EJERCICIOS DE LA LECCION 9.ª

Tachar con una cruz la respuesta correcta de cada pregunta.

1.ª PREGUNTA. — Un circuito resonante paralelo presenta a la frecuencia de resonancia:

a) Una impedancia infinita.
b) Una impedancia nula.
c) Una impedancia muy baja.

2.ª PREGUNTA. — Un circuito resonante serie presenta en la frecuencia de resonancia una impedancia:

a) Alta.
b) Baja.
c) Nula.

3.ª PREGUNTA. — La intensidad que pasa por un circuito resonante paralelo al aplicar una tensión con la frecuencia de resonancia es:

a) Nula.
b) Media.
c) Elevada.

4.ª PREGUNTA. — La tensión entre extremos de una bobina L al aplicar una señal de la frecuencia de resonancia en un circuito resonante serie es:

a) Q veces menor que la total aplicada.
b) Q veces mayor que la total aplicada.
c) La tensión aplicada más Q veces dicha tensión.

5.ª PREGUNTA. — En frecuencias lejanas a las de resonancia, la intensidad que pasa por un circuito resonante paralelo es:

a) Nula.
b) Pequeña.
c) Elevada.

LECCION 10

AMPLIFICADORES DE ALTA FRECUENCIA

INTRODUCCION

Conocidas las características de los audioamplificadores, los amplificadores encargados de elevar señales cuya frecuencia sea muy superior a los 20.000 Hz, o sea, los de alta frecuencia (A. F.), tienen la misma estructura, aunque tienen algunas diferencias que conviene tener presente:

1.ª) Sólo se utilizan normalmente para amplificar tensión.

2.ª) Utilizan normalmente pentodos y en general de μ variable, es decir, amplifican más o menos según que la tensión negativa de rejilla de control sea menor o mayor.

3.ª) Están acoplados mediante transformadores de A. F.

4.ª) Para amplificar sólo una estrecha banda de frecuencias usan circuitos resonantes sintonizados.

Las dos primeras características no necesitan ningún comentario; en cuanto a la tercera, los transformadores utilizados en altas frecuencias tienen devanados arrollados en cilindros de cartón o baquelita, siendo sus núcleos de ferrita o de aire. Como la reactancia de las bobinas varía con la frecuencia ($X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$) se suele acoplar mediante condensadores el primario y el secundario, puesto que la reactancia capacitiva varía de forma inversamente proporcional a la frecuencia ($X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$) y compensa las variaciones producidas por las autoinducciones. Por

último estos transformadores suelen estar blindados mediante cajas de aluminio conectadas a masa (de ahí que por su parecido se les denomine «botes»), con objeto de evitar que entren o salgan radiaciones magnéticas perturbadoras.

Si se intentase que un amplificador de A.F. sirviese para amplificar cualquier valor de frecuencia, no podría hacerlo con la misma ganancia en todas ellas, pues ésta depende de la resistencia de carga de la válvula y al haber en ella autoinducción y capacidad su impedancia conjunta se alteraría al mismo tiempo que la frecuencia de trabajo.

Sintonizar un amplificador es ajustarlo para que sólo amplifique de manera uniforme un pequeño margen de frecuencias. Comoquiera que la amplificación aumenta al hacerlo la impedancia de carga de la válvula, en los amplificadores sintonizados se ajusta dicha impedancia mediante el núcleo móvil de la bobina o la capacidad variable del condensador, para lograr un alto valor óhmico en esa frecuencia que se desea amplificar, mientras que en las demás frecuencias la impedancia debe ser muy pequeña, para que no sean amplificadas. Para conseguir esta característica se emplean los circuitos resonantes *LC* que se estudiaron en la lección 9.ª y que, como allí se explicó, presentan diferente impedancia en las diversas frecuencias.

Un esquema general de un amplificador de A.F. es el representado en la figura 10-1.

Como la carga de la válvula es un circuito resonante paralelo formado por L_2 y C_2, según sus valores existirá una frecuencia de resonancia dada por la fórmula: $f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_2 \cdot C_2}}$ El valor de la autoinducción L_2 se puede alterar ajustando la posición del núcleo de ferrita roscado que discurre entre los devanados.

Como se recordará, la impedancia de un conjunto *L-C* en paralelo es máxima en la frecuencia de resonancia, disminuyendo considerablemente fuera de ella, tanto más cuanto más alejada esté de la de resonancia, y su valor está dado por la fórmula:

$$Z = \frac{L}{\sqrt{C \cdot R}}$$

En la frecuencia de resonancia de $L_2 — C_2$ la impedancia es elevadísima, por lo que las señales de esa frecuencia que se introducen en la válvula serán muy bien amplificadas. En las res-

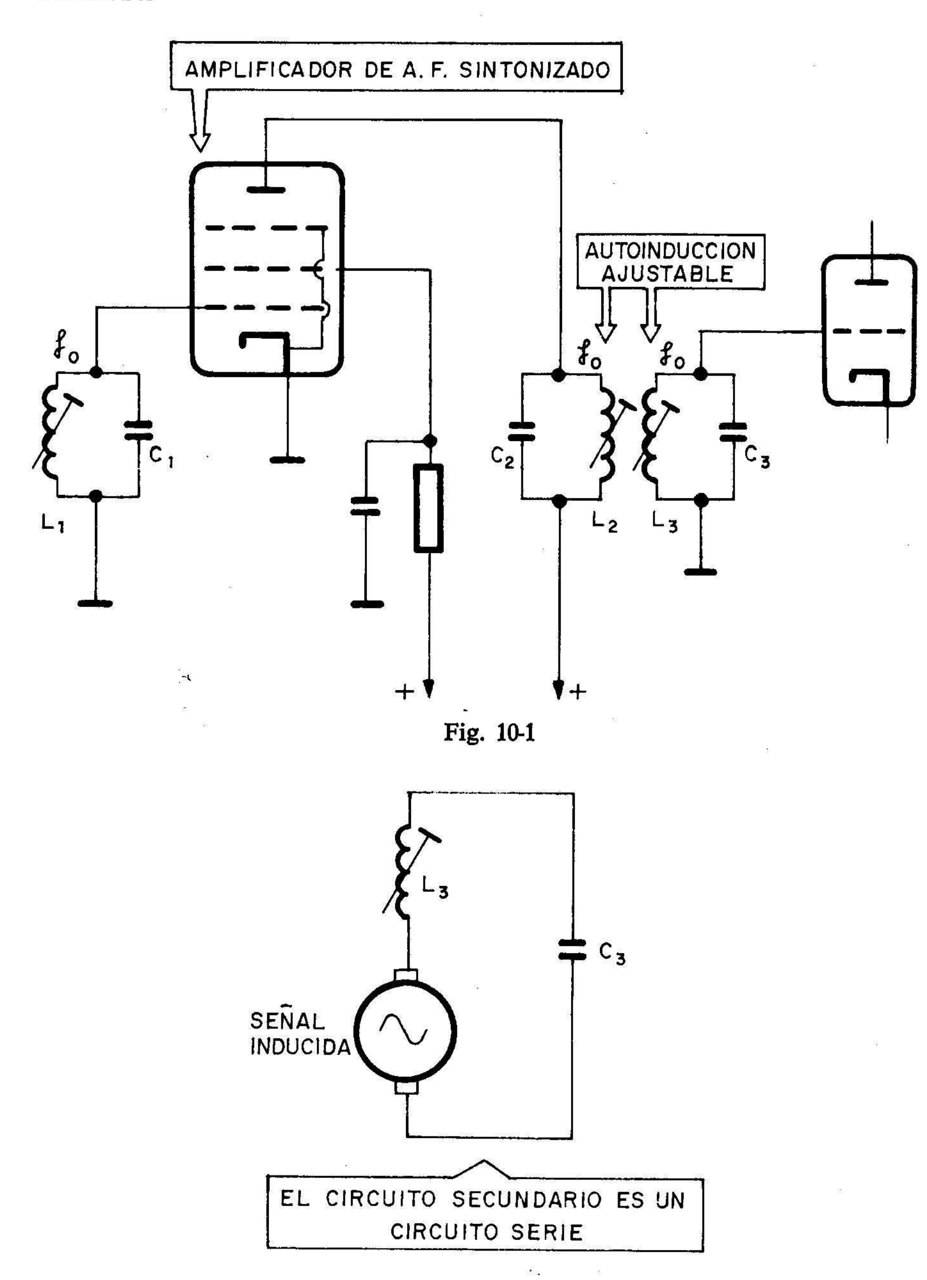


Fig. 10-1

Fig. 10-2

tantes frecuencias el circuito $L_2 — C_2$ se comporta prácticamente como un hilo sin resistencia, por lo que no son amplificadas y no pasan a la etapa siguiente.

Al secundario del transformador sintonizado formado por L_3 y C_3 llega únicamente la señal cuya frecuencia coincide con la de resonancia del conjunto $L_2 — C_2$. El secundario $L_3 — C_3$ se comporta como circuito serie, aunque parezca que estos dos elementos están en paralelo: la razón de este compromiso es que la tensión inducida desde el primario está incrustada en el circuito, o sea, creada dentro de él, como se muestra en la figura 10-2.

Como el secundario del transformador sintonizado también está ajustado a la misma frecuencia de resonancia que el primario aparece el efecto de sobretensión, con lo cual la señal de frecuencia f_0 que hay entre extremos del condensador C_3 es muy fuerte, pudiéndose aplicar a una nueva etapa, que también esté sintonizada a dicha frecuencia. El efecto de sobretensión depende del factor de calidad Q, que vale $Q = \frac{X_L}{R}$. Cuanto mayor sea éste mayor será la señal obtenida. De ahí que interese usar bobinas de alto Q, para lo cual el hilo que las forma ha de tener muy poca resistencia óhmica.

EJERCICIOS DE LA LECCION 10.ª

Tachar con una cruz la respuesta correcta de cada pregunta.

1.ª PREGUNTA. — La característica fundamental de los amplificadores de A.F. respecto a los estudiados hasta ahora estriba:

a) En que amplifican más la tensión.
b) En que sólo amplifican una frecuencia.
c) En que amplifican señales de elevada frecuencia.

2.ª PREGUNTA. — El nombre de «botes» lo reciben ciertos transformadores porque:

a) Están contenidos en cajas metálicas unidas al chasis.
b) En su interior hay núcleos en forma de botes.
c) Por la forma de los devanados.

3.ª PREGUNTA. — Para sintonizar un amplificador de A.F.:

a) Se varía la polarización de la válvula.
b) Se varía el valor de la autoinducción.
c) Se mete dentro de un bote.

4.ª PREGUNTA. — Un amplificador sintonizado no amplifica:

a) La frecuencia de resonancia.
b) Las bajas frecuencias.
c) Las frecuencias lejanas a las de resonancia.

5.ª PREGUNTA. — El secundario de un transformador sintonizado se comporta:

a) Como circuito resonante paralelo.
b) Como circuito resonante serie.
c) Como circuito mixto.

Segunda Parte

Tecnología y práctica

Sonido, altavoces y micrófonos
Características de válvulas amplificadoras
Montaje de amplificadores de baja y alta frecuencia

LECCION 1

SONIDO, ALTAVOCES Y MICROFONOS

TRANSMISION DEL SONIDO

Al caer una piedra al agua origina una serie de pequeñas olas que a medida que se alejan circularmente del lugar del choque van atenuándose poco a poco, hasta extinguirse. Cuando se produce una vibración en el seno del aire aparecen una serie de ondas de presión que se comportan de manera similar a las olas anteriormente comentadas. Al vibrar la cuerda de una guitarra y desplazarse hacia un lado, origina en el aire que la rodea por dicha parte un aumento de presión que se transmite por el espacio de molécula a molécula del aire; sin embargo, en el lado contrario al que se desplaza ocasiona una depresión. Estas varia-

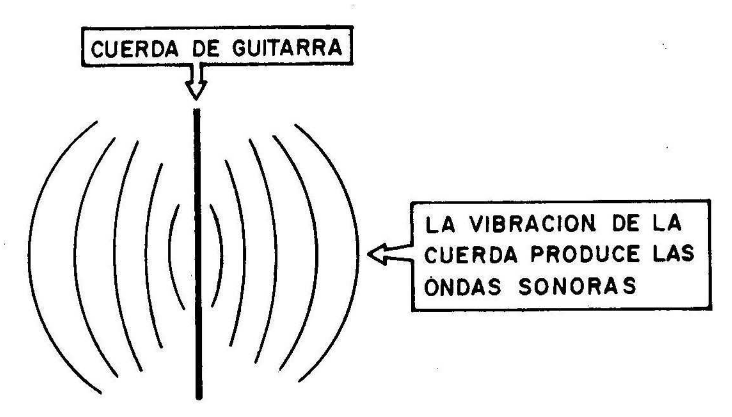


Fig. T1-1

ciones de la presión del aire se transmiten en todas direcciones hasta que se amortiguan por completo.

El sonido es por tanto una sensación engendrada en el oído por las ondas acústicas producidas por la vibración mecánica de elementos materiales y transmitidas en un medio elástico. El sonido se propaga en el aire con una velocidad de unos 331,4 metros por segundo.

Las tres características que definen un sonido son: 1.ª) la intensidad o potencia, que depende de la amplitud de las vibraciones; 2.ª) la altura, o tono que está relacionada con la frecuencia de las vibraciones y 3.ª) el timbre, que depende del número e intensidad de los armónicos.

El oído no es sensible a todas las ondas que llegan a él, sino a las comprendidas entre 16 y 20.000 ciclos por segundo, al menos teóricamente, pues en la práctica dicho margen es variable, según la sensibilidad acústica humana; a dicho margen de frecuencias se le denomina de audiofrecuencia o de baja frecuencia (B.F.).

Una de las primeras y más frecuentes formas de utilización de la electrónica es la reproducción y transmisión del sonido, y en ella tienen una gran importancia los amplificadores encargados de tratar las frecuencias de B.F., los cuales para su funcionamiento precisan la transformación del sonido en señal eléctrica, cosa que se logra con los micrófonos, siendo los altavoces los encargados de reproducir el sonido partiendo de la señal eléctrica.

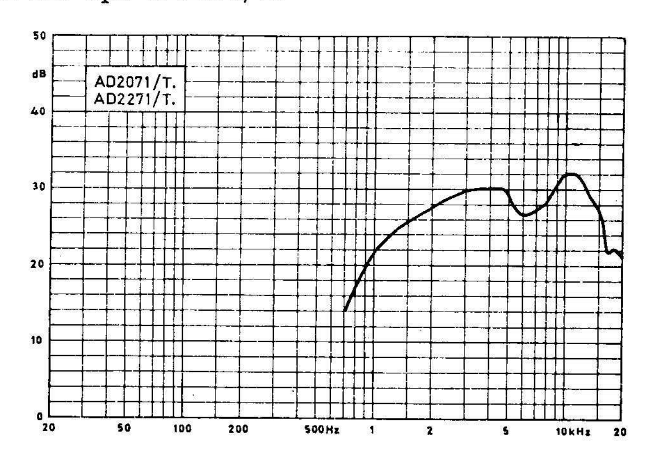
FUNCIONAMIENTO Y CARACTERISTICAS DE LOS ALTAVOCES

Los altavoces son los componentes encargados de transformar las señales eléctricas en ondas sonoras audibles o de B.F. Un buen altavoz será el que sea capaz de reproducir sin distorsión ondas sonoras comprendidas entre 16 y 20.000 Hz.

Uno de los datos más interesantes de un altavoz es el de su potencia, que es la que soporta de modo continuo y sin producir calentamientos ni distorsiones, medida en vatios o milivatios. El volumen de sonido máximo, y por tanto el espacio útil que puede cubrir con normalidad un altavoz, depende de esta característica.

El margen o banda de frecuencias capaz de ser reproducido por el altavoz adecuadamente, junto con la directividad, que sirve

para representar en un gráfico la distribución de la presión acústica en el espacio que rodea al altavoz en una determinada frecuencia, son las otras dos características que definen las posibilidades y aplicaciones de un altavoz. Estas dos últimas características descritas se muestran en la figura T1-2 y corresponden a un altavoz del tipo AD2071/T.



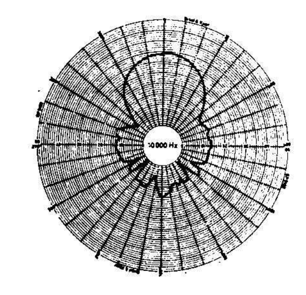


Fig. T1-2

TIPOS DE ALTAVOCES

Existen tres tipos básicos de altavoces: los electrostáticos, los electrodinámicos y los piezoeléctricos, pero son los segundos los que más se emplean.

1.º) Altavoces electrostáticos: Consisten en un electroimán cuyo devanado es recorrido por la corriente de B.F. que se desea reproducir. Entre sus armaduras hay una lámina metálica móvil a la que está sujeta la membrana central del cono, de papel o tejido, y que al vibrar reproduce el sonido, como se muestra en la figura T1-3.

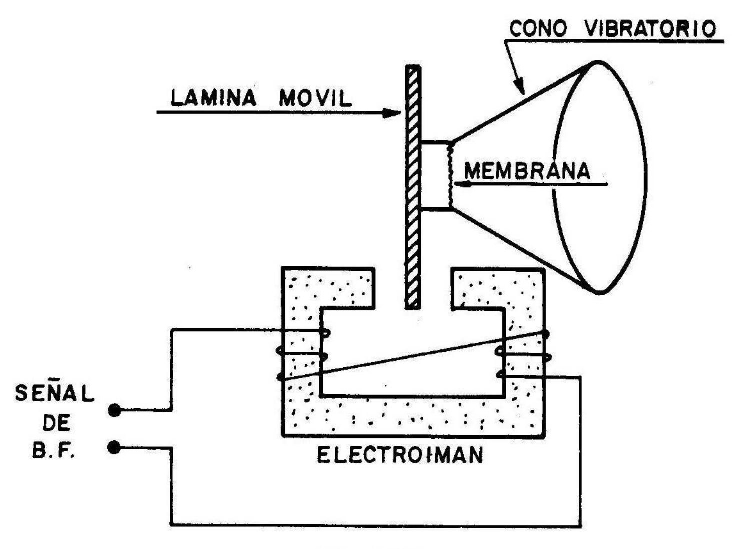


Fig. T1-3

Al circular la corriente de B.F. por las espiras del electroimán produce un campo magnético variable en cuanto a la amplitud y a la polaridad, que origina atracciones y repulsiones sobre la lámina móvil, produciendo su vibración. Al transmitirse ésta a la membrana y cono del altavoz reproduce un sonido cuya frecuencia depende de la del campo magnético y, en consecuencia, de la señal de B.F. aplicada.

Este modelo de altavoz casi no se fabrica en la actualidad, dada la baja potencia que se alcanza con él, del orden de medio vatio, y el margen tan reducido de frecuencias que es capaz de reproducir y que en el mejor de los casos no supera los 3.000 Hz.

2.º) Altavoces electrodinámicos: En este tipo el cono central y la membrana son solidarios de una bobina móvil que se puede desplazar sobre un núcleo. Dicha bobina se encuentra atravesada por el campo magnético que crea un imán permanente (caso de la figura T1-4) o bien por un electroimán.

Al circular la corriente de B.F. por la bobina móvil crea un campo magnético que enfrentado con el del imán permanente origina las fuerzas que hacen vibrar la bobina móvil y con ella el cono del altavoz.

En la práctica este tipo de altavoz es el más usado y, además de reproducir un margen de frecuencias muy aceptable, que de

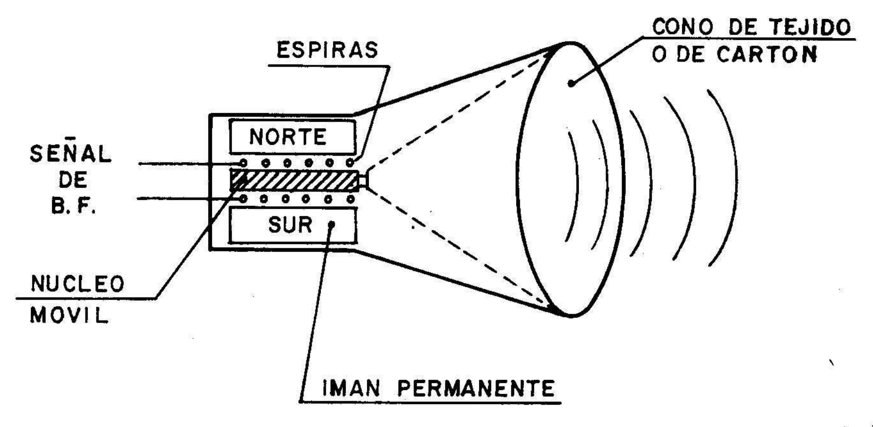


Fig. T1-4

ordinario llegan desde los 200 hasta los 10.000 Hz, alcanzan una potencia tanto mayor cuanto mayor sea su diámetro. Como fórmula rápida, pero inexacta, para el cálculo de la potencia de uno de estos altavoces se puede indicar que dicha potencia es equivalente a un 15 % del diámetro expresado en centímetros; así, un altavoz de 10 cm de diámetro puede proporcionar 1,5 W, aunque modernamente, teniendo en cuenta el perfeccionamiento de la fabricación y la calidad de los materiales, se puede superar ampliamente la mencionada regla.

Una característica importante de este tipo de altavoces es la impedancia que presenta la bobina móvil, que en muchos casos es del orden de los 4 o los 8 Ω, en una frecuencia media de 1.000 Hz.

3.°) Altavoces piezoeléctricos: Se basan en la propiedad de ciertas sales a las que cuando se les aplica una tensión se deforman. Aplicando a dichas sales la señal de B.F. conseguimos que se deformen y transmitan al cono y membrana solidarias estos movimientos. Apenas son utilizados.

DESIGNACION Y NOMENCLATURA DE LOS ALTAVOCES

Los altavoces «Miniwatt» forman el número de su tipo comercial con dos letras iniciales, AD, comunes a todos los modelos, seguidas de:

a) Dos primeras cifras, que indican la forma y tamaño.
b) Dos cifras siguientes, que indican la clase de imán.
c) Una letra, que da la característica de frecuencia.
d) Un último número, que representa la impedancia en ohmios de la bobina móvil. Ver tabla de la página 117.

Para las expresiones que vienen dadas en pulgadas téngase presente que una pulgada es equivalente a 2,539 cm.

COMBINACIONES DE ALTAVOCES

Ya se ha indicado que el diámetro del altavoz influye en su potencia. Pues bien, también influye en la calidad del sonido: Cuanto mayor sea el diámetro, con más perfección reproduce las notas bajas o de pequeña frecuencia (graves) y peor los sonidos agudos; por eso en los altavoces grandes se aprecian de forma relevante las notas bajas y en cambio, en los pequeños ocurre lo contrario: tienen un timbre más metálico, propio de la buena reproducción de las notas altas.

Cuando se intenta alcanzar un nivel de reproducción muy perfecto se utilizan dos o tres altavoces, cada uno de los cuales está especializado en una determinada frecuencia. Si se usan dos altavoces el pequeño se encargará principalmente de las notas altas (tweeter) y el otro de las bajas (woofer); si se utilizan tres, pueden tener tres diámetros escalonados para los agudos, los graves y los tonos medios (squawker).

Debe cuidarse, como se aconsejó en las lecciones teóricas, la adaptación más correcta entre las impedancias de la válvula y la del conjunto de altavoces que se conecte.

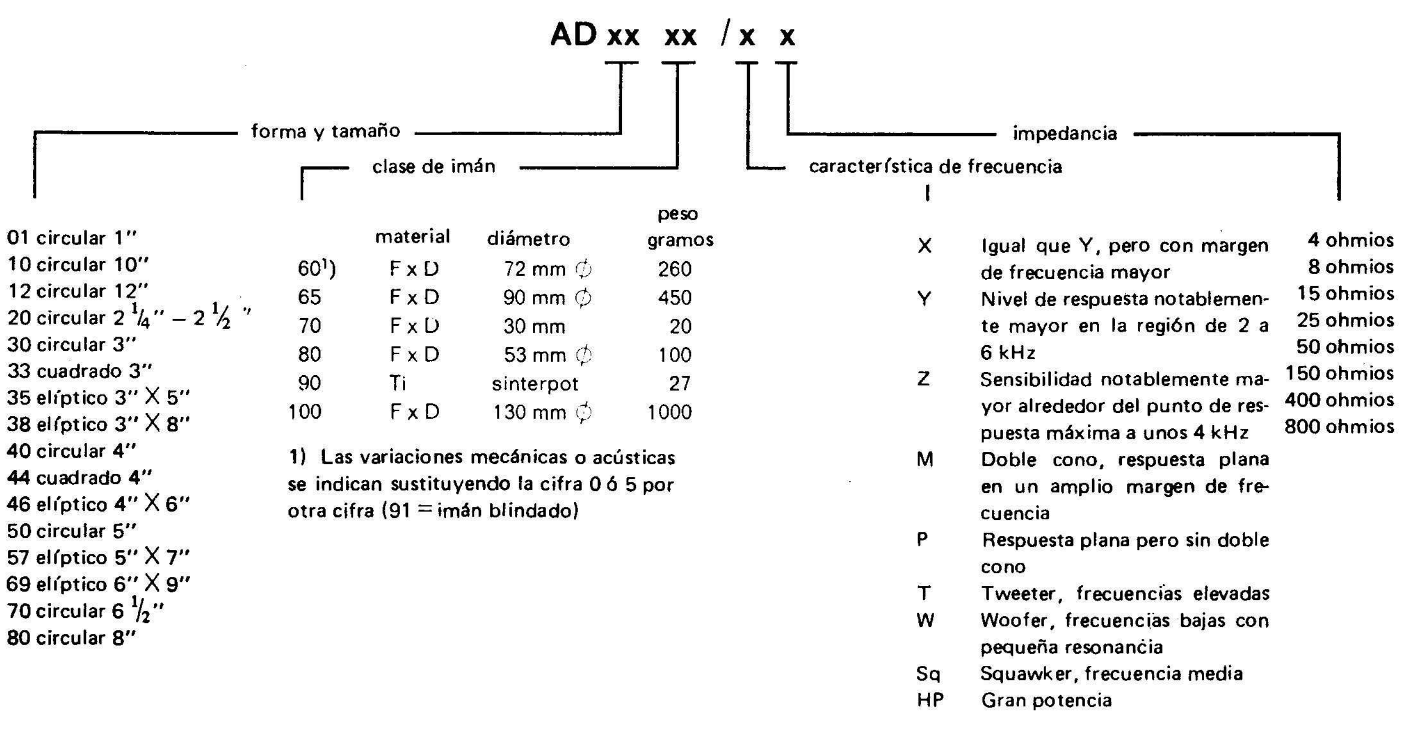
Hay que observar también el valor de la frecuencia de resonancia del mismo, por debajo de la cual el sonido se reproduce bastante distorsionado.

A continuación se presentan algunas características de varios altavoces Miniwatt, así como las combinaciones y filtros recomendados (págs. 118, 119 y 120).

COMPLEMENTOS ACUSTICOS PARA ALTAVOCES

El sonido es reproducido por el altavoz a consecuencia de la vibración de su cono-membrana, que al hacerlo a ambos lados de su soporte logra que, mientras se desplaza hacia delante y forma

FORMACION DEL NUM. DE TIPO COMERCIAL



forma y tamaño

01 circular 1"
10 circular 10"
12 circular 12"
20 circular 2 1/4" – 2 1/2 "
30 circular 3"
33 cuadrado 3"
35 elíptico 3" X 5"
38 elíptico 3" X 8"
40 circular 4"
44 cuadrado 4"
46 elíptico 4" X 6"
50 circular 5"
57 elíptico 5" X 7"
69 elíptico 6" X 9"
70 circular 6 1/2"
80 circular 8"

clase de imán

	material	diámetro	peso gramos
60[1])	F x D	72 mm ⌀	260
65	F x D	90 mm ⌀	450
70	F x D	30 mm	20
80	F x D	53 mm ⌀	100
90	Ti	sinterpot	27
100	F x D	130 mm ⌀	1000

1) Las variaciones mecánicas o acústicas se indican sustituyendo la cifra 0 ó 5 por otra cifra (91 = imán blindado)

característica de frecuencia

X	Igual que Y, pero con margen de frecuencia mayor
Y	Nivel de respuesta notablemente mayor en la región de 2 a 6 kHz
Z	Sensibilidad notablemente mayor alrededor del punto de respuesta máxima a unos 4 kHz
M	Doble cono, respuesta plana en un amplio margen de frecuencia
P	Respuesta plana pero sin doble cono
T	Tweeter, frecuencias elevadas
W	Woofer, frecuencias bajas con pequeña resonancia
Sq	Squawker, frecuencia media
HP	Gran potencia

impedancia

4 ohmios
8 ohmios
15 ohmios
25 ohmios
50 ohmios
150 ohmios
400 ohmios
800 ohmios

Ejemplos

AD4070/Y4 = Altavoz circular de 4", imán cuadrado de ferroxdure de 30 mm, característica de frecuencia Y, impedancia de 4 ohmios
AD4080/X15 = Altavoz circular de 4", imán circular de ferroxdure de 53 mm, característica de frecuencia X, 15 ohmios
AD8065/W8 = Altavoz circular de 8", imán circolar de ferroxdure de 90 mm, gran calidad, woofer, 8 ohmios

ALTA FIDELIDAD (según normas DIN 45500 para altavoces de HI-FI)

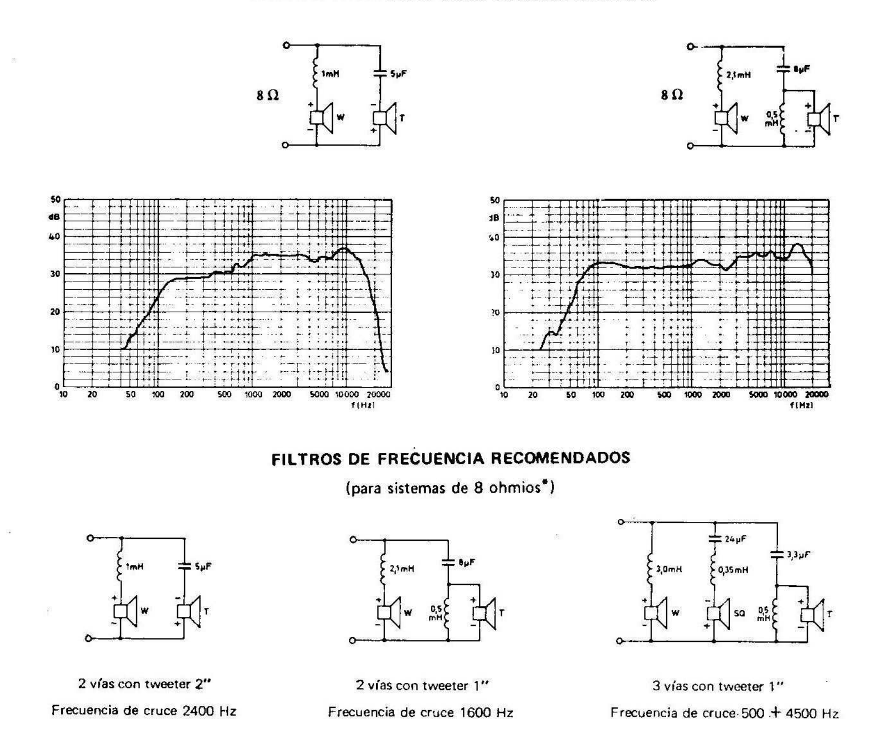
Diám. total (mm)	Orif. bafle (mm)	Prof. total (mm)	Potencia máxima (W)	Frecuencia resonancia (Hz)	Impedancia (Ω)	Diám. bobina (mm)	Material suspensión cono	Aplicaciones principales	Número de catálogo	Número de tipo comercial
Tweeter 1" (cúpula)										
94	75	27	40 [1]	1000	4 8	25	policarbonato	frecuencias altas hasta 22 kHz	2422 257 33101 02	AD0160/T4 T8
2" (cono)										
51	46	29	40 [1]	1300	4 8 15	18	papel	frecuencias altas hasta 20 kHz	2422 256 32001 02 03	AD2090/T4 T8 T15
Squawker 5"										
129	107	107	40 [2]	210	4 8	25	textil	frecuencias medias de 400 a 5000 Hz	2422 257 35301 02	AD5060/Sq4 Sq8
Woofer 5"										
129	108	56	10 [3]	50	4 8	25	caucho	bafle para estanterías (4000 Hz) [8]	2422 257 35301 02	AD5060/W4 W8
7"										
166	142	74	20 [4]	28	4 8 15	25	caucho	bafle para estanterías (2000 Hz) [8]	2422 257 37702 01 03	AD7065/W4 W8 W15

ALTA FIDELIDAD (según normas DIN 45500 para altavoces de HI-FI)

Diám. total (mm)	Orif. bafle (mm)	Prof. total (mm)	Potencia máxima (W)	Frecuencia resonancia (Hz)	Impedancia (Ω)	Diám. bobina (mm)	Material suspensión cono	Aplicaciones principales	Número de catálogo	Número de tipo comercial
8″										
205	180	95	20 [5]	28	4 8	25	caucho	cajas acústicas (2000 Hz) [8]	2422 257 38301 02	AD8065/W4 W8
10″										
261	229	131	40 [6]	20	4 8	50	caucho	cajas acústicas (800 Hz) [8]	2422 257 41201 02	AD10100/W4 W8
12″										
315	278	152	40 [7]	19	4 8	50	caucho	cajas acústicas (700 Hz) [8]	2422 257 41301 02	AD12100/W4 W8

[1]) Con frecuencia de cruce a 4000 Hz 20 W con frecuencia de cruce a 2000 Hz
[2]) Con frecuencia de cruce a 400 Hz como mínimo
[3]) En cajas acústicas de 3 I de volumen máximo
[4]) En cajas acústicas de 7 I de volumen máximo
[5]) En cajas acústicas de 25 I de volumen máximo
[6]) En cajas acústicas de 35 I de volumen máximo
[7]) En cajas acústicas de 80 I de volumen máximo
[8]) Máxima frecuencia de cruce

COMBINACIONES DE ALTAVOCES RECOMENDADAS



*Para sistemas de 4 ohmios divídase la inductancia por 2 y multiplíquense las capacidades por 2.

Fig. T1-5

una onda de compresión en esa parte, al mismo tiempo se forme una depresión en la parte de atrás. Las ondas sonoras se producen tanto por la parte frontal como por la posterior de la membrana y al dirigirse en todas las direcciones pueden chocar una contra otra, lo que ocasiona un fuerte amortiguamiento, al ser de efectos contrarios. Dicho amortiguamiento es más pronunciado en las notas bajas, puesto que al ser de menor frecuencia y mayor duración tienen más oportunidad para encontrarse.

Para evitar el encuentro de las dos ondas que produce el altavoz se utilizan unas cajas, a veces acolchadas interiormente, que tienen un espacio libre en su parte frontal para que se extiendan libremente las ondas acústicas producidas por la cara delantera del altavoz, con lo que se aumenta la distancia a recorrer por los dos tipos de ondas.

No es recomendable usar el mismo mueble que contiene el chasis y los componentes del circuito electrónico como caja acústica, para evitar el efecto contraproducente producido por el choque de las dos ondas del altavoz, ya que en su diseño se ha pensado más en el volumen y la estética que en la calidad acústica que va a conferir a los altavoces; por eso se usan cajas o bafles específicos para esta misión, con maderas y diseños adecuados, donde se alojan los altavoces, tal como se esquematiza en la figura T1-6.

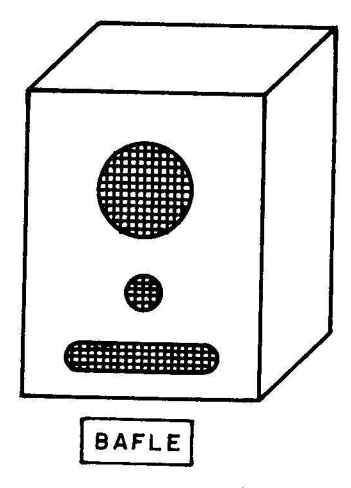


Fig. T1-6

Estas cajas acústicas, además de disponer de los orificios necesarios para los conos de los altavoces, tienen otros a la par que unas dimensiones muy estudiadas, que favorecen el aprovechamiento de las ondas producidas por la cara posterior.

MICROFONOS

Son aparatos que sirven para transformar el sonido en tensión eléctrica. Citaremos cuatro tipos de los más importantes, que se describirán muy superficialmente para tener de ellos sólo una idea básica de su cometido y funcionamiento.

Micrófonos de carbón

Consisten en un recinto lleno de granitos de carbón, una de cuyas paredes es móvil y está unida al diafragma. Este es una membrana muy elástica, que recibe el sonido y vibra con él, lo que lleva aparejada la vibración simultánea de la pared móvil del recinto.

Observando el esquema simplificado de este tipo de micrófono, mostrado en la figura T1-7, se aprecia que cuando los granitos de carbón son comprimidos su resistencia es muy pequeña, porque hay poco aire entre ellos; en cambio, cuando los granitos están muy sueltos hay mucho aire entre ellos y la resistencia es muy grande. Entre dos puntos del recinto que contiene el carbón se aplica una tensión fija, que provoca el paso por él de una corriente que dependerá de la resistencia de los granitos de carbón, la cual es proporcional al movimiento del diafragma, que vibra según el sonido; después la intensidad proporcional al sonido, al pasar por el primario de un transformador, se convertirá en tensión, que tomaremos del secundario. Este micrófono es el más sencillo y económico, pero no es de gran calidad.

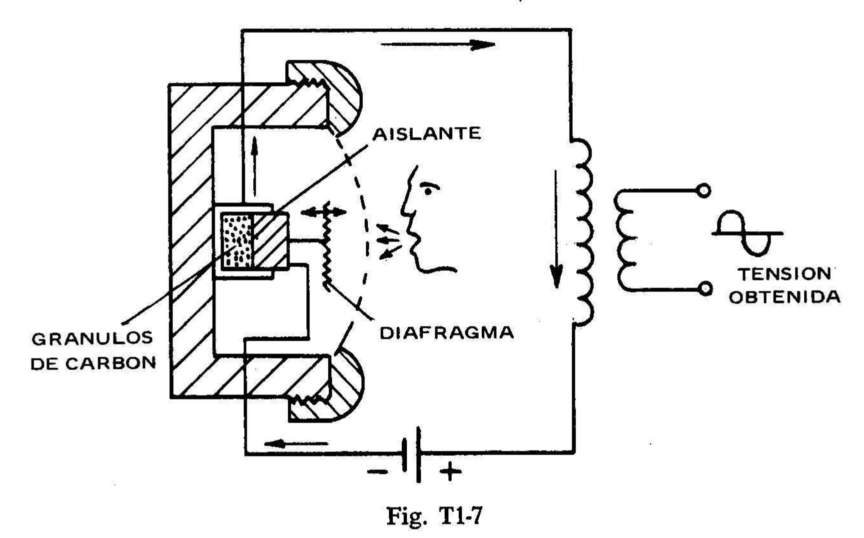


Fig. T1-7

Micrófonos dinámicos

Son bastante similares al altavoz: contienen una bobina móvil sujeta al diafragma del micrófono y que al hablar y vibrar el

diafragma, solidariamente con él lo hará la bobina. El esquema básico para comprender el funcionamiento de este tipo de micrófono se muestra en la figura T1-8.

La bobina móvil está dentro del campo magnético de un imán que la mayoría de las veces es permanente, y al moverse y cortar las líneas de campo del imán se crea en la bobina una tensión que será proporcional al movimiento que en cada momento ocasione el sonido. El uso de este tipo de micrófono está muy generalizado y reúne mejores cualidades que el de carbón.

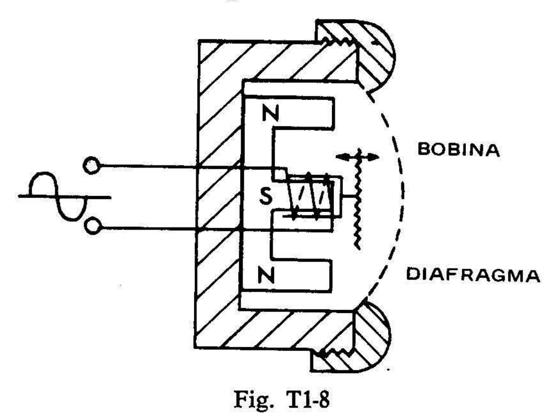


Fig. T1-8

Micrófonos de cristal

Se basan en una propiedad de los cristales piezoeléctricos, que al ser comprimidos producen una tensión proporcional a dicha presión. Su esquema simplificado es el de la figura T1-9.

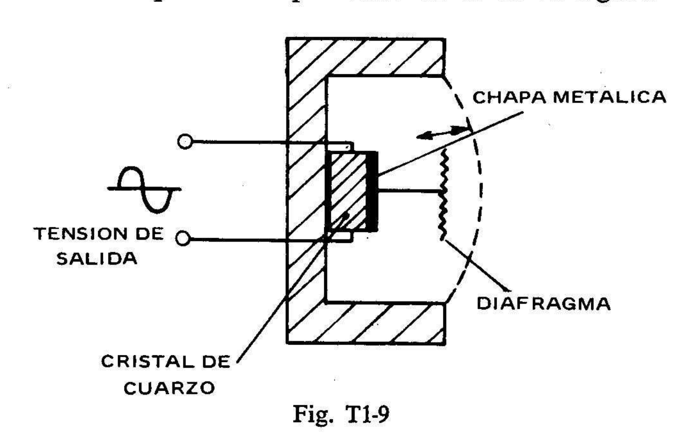


Fig. T1-9

Al hablar frente al diafragma éste vibra, haciéndolo igualmente una chapa metálica que lleva solidaria y que al presionar sobre el cristal produce una tensión directamente proporcional al sonido.

Micrófonos de cinta

Poseen una cinta móvil muy delicada, que se mueve al hablar o producirse un sonido ante ella. Como la cinta está dentro del campo magnético de un imán, al moverse corta sus líneas de fuerza y crea entre sus extremos una tensión proporcional al sonido que la hace vibrar. El comportamiento básico de este tipo de micrófono se ha representado en la figura T1-10.

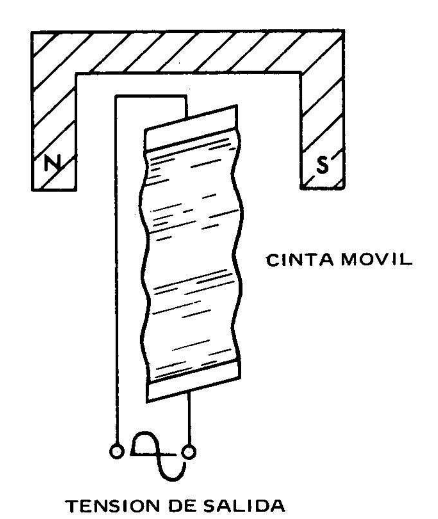


Fig. T1-10

LECCION **2**

VALVULAS AMPLIFICADORAS DE B.F. GENERALIDADES PRACTICAS

INTRODUCCION

La parte fundamental de un amplificador de B.F. la constituyen sus válvulas: de ellas depende en gran medida la potencia final entregada y, en especial, de la última, que alimenta el altavoz a través del transformador de acoplo.

Los grandes enemigos de los amplificadores de B.F. son el microfonismo y el zumbido; para amortiguarlos al máximo es conveniente una cuidadosa elección de las válvulas del amplificador, así como una serie de cuidados en la disposición de los componentes y en su montaje.

Hay dos tipos principales de válvulas usadas en estos amplificadores:

1.º) Las preamplificadoras, encargadas de elevar el nivel de la señal hasta el que precisa la válvula final.

2.º) La amplificadora de salida o de potencia, encargada de recibir la señal amplificada de las etapas anteriores.

En las prácticas que se proponen posteriormente se montará un amplificador de B. F. utilizando como válvula preamplificadora el triodo de la UBC 81 y como amplificadora de potencia la UL 84, cuyas características técnicas y curvas más importantes se presentan a continuación.

DATOS TECNICOS Y CURVAS CARACTERISTICAS DE LA VALVULA UL 84

Se trata de un pentodo de salida o potencia para B.F. Dispone de caldeo indirecto por c.c. o c.a. en alimentación serie, con un consumo de 100 mA y una tensión de 45 V. Válvula pertenciente a la serie Noval, con 9 patitas, distribuidas en su base según la figura T2-1.

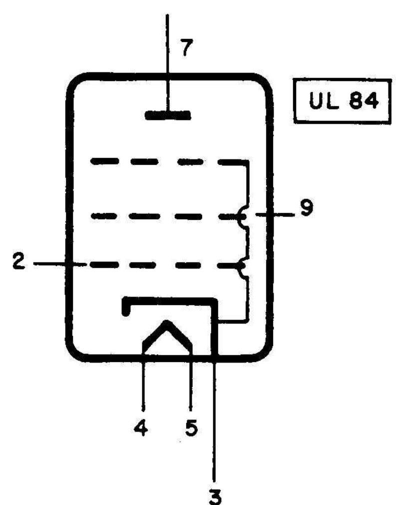


Fig. T2-1

Capacidad entre el ánodo y los otros electrodos, excepto rejilla	C_a = 6,8 pF
Capacidad entre la rejilla de control y los otros electrodos	C_{g1} = 13 pF
Capacidad entre ánodo y rejillas de control	C_{ag1} = 0,6 pF
Capacidad entre rejilla de control y filamentos	C_{g1f} = 0,25 pF

Valores característicos típicos

Tensión ánodo	V_a = 170 V
Tensión pantalla	V_{g2} = 170 V
Tensión rejilla de control	V_{g1} = — 12,5 V
Corriente de ánodo	I_a = 70 mA
Corriente de pantalla	I_{g2} = 3,5 mA
Transconductancia	S = 11 mA/V
Factor de amplificación	μ_{g2g1} = 8
Resistencia interna	R_i = 26 K

Características de utilización de la UL 84 en clase A

		1.er tipo	2.º tipo
Tensión de alimentación	V_b =	100	170 V
Resistencia de cátodo	R_k =	130	130 Ω
Resistencia de ánodo	R_a =	2,1	2 KΩ
Voltaje de entrada c.a.	V_i =	0 - 0,55 - 3,8	0 - 0,47 - 6,1 V_{ef}
Intensidad de ánodo	I_a =	41 - 42	75 - 76 mA
Intensidad de pantalla	I_{g2} =	2,6 - 8,6	4 - 16 mA
Potencia de salida	W_0 =	0 - 0,05 - 1,5	0 - 0,05 - 5,1 W
Distorsión total	d_{tot} =	10	10 %

Valores límites

Voltaje máximo en el ánodo sin conducir	$V_{ao\ max}$ = 550 V
Voltaje máximo ánodo	$V_{a\ max}$ = 250 V
Potencia máxima de disipación en el ánodo	$W_{a\ max}$ = 12 w
Tensión máxima de pantalla con la válvula en bloqueo	$V_{g2o\ max}$ = 550 V
Tensión máxima de pantalla	$V_{g2\ max}$ = 200 V
Potencia máxima disipada en la pantalla	$W_{g2\ max}$ = 1,75 W
Corriente máxima de cátodo	$I_{k\ max}$ = 100 mA
Resistencia máxima en rejilla de control	$R_{g1\ max}$ = 1 MΩ
Tensión máxima entre cátodo y filamentos	$V_{kf\ max}$ = 200 V
Resistencia máxima entre cátodo y filamentos	$R_{kf\ max}$ = 20 KΩ

Curvas características I_a/V_{g1}

En el gráfico de la figura T2-2 se muestran con trazo lleno tres curvas (1, 2 y 3) que determinan I_a para cada V_{g1}; la curva 1, cuando la tensión del ánodo es de 200 V, y la 2 y la 3, cuando es 170 y 100 V respectivamente. En línea discontinua se representan las tres curvas correlativas de la corriente de pantalla I_{g2}.

Curva I_a/V_a de la UL 84

En el gráfico de la figura T2-3 se relaciona I_a con V_a para diferentes tensiones de la rejilla de control y con una tensión de pantalla de 100 V. También se representa la curva de máxima potencia para 12 W.

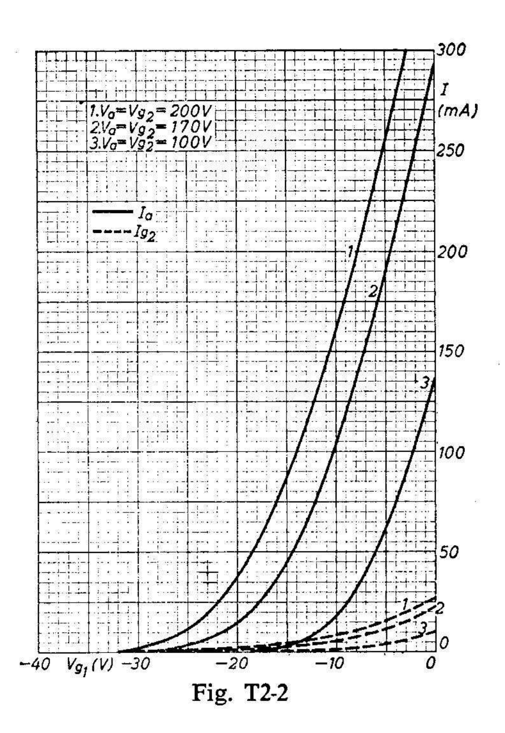


Fig. T2-2

Fig. T2-3

Curva I_a/W de la UL 84

La figura T2-4 relaciona el valor de I_a que circula por la UL 84 con la potencia disipada, indicando también los valores en % de la distorsión y del voltaje de entrada V_i.

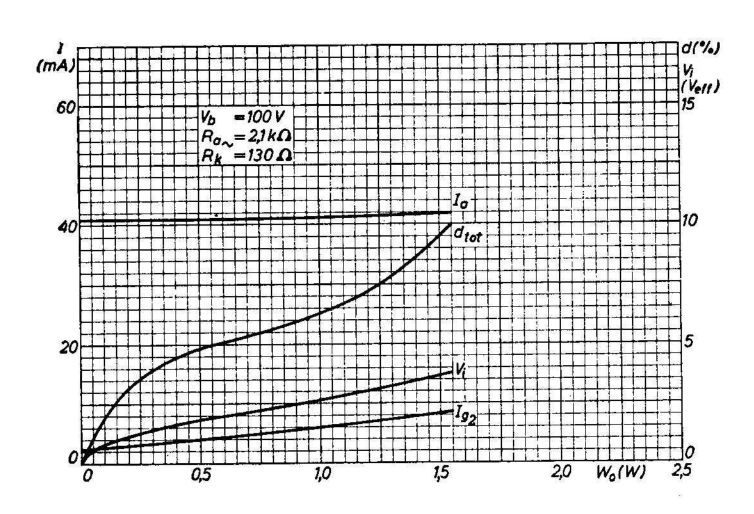


Fig. T2-4

DATOS TECNICOS Y CURVAS CARACTERISTICAS DE LA VALVULA U(B)C 81

Es una válvula que contiene en su interior un triodo y un doble diodo, utilizándose el primero como preamplificadora de B.F., mientras que los diodos se usan para la detección de la señal de alta frecuencia, que se estudiará más adelante.

El caldeo de filamentos es indirecto, por c.a. o c.c., con alimentación serie, teniendo un consumo de 100 mA y 14 V. La base de la válvula es la mostrada en la figura T2-5. La pata 7 está unida a la malla metálica que envuelve y blinda toda la válvula.

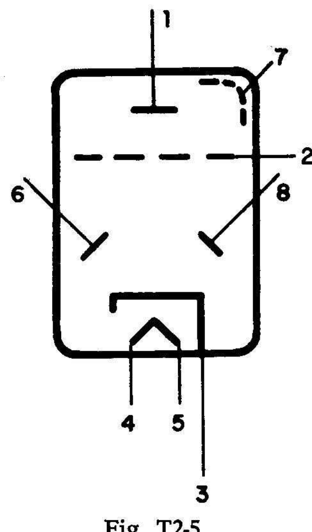


Fig. T2-5

«CAPACIDADES»

Sección triodo		*Sección doble diodo*	
Capacidad de rejilla	C_g = 2,3 pF	Capacidad de otro ánodo	0,9 pF
» ánodo	C_a = 2,3 pF	Capacidad de otro ánodo	0,9 pF
» ánodo-rejilla	C_{ag} = 1,2 pF	Capacidad entre ánodos	0,2 pF
» rejilla-filamento	C_{gf} = 0,05 pF	Capacidad entre cada ánodo y filamento	0,05 pF

Capacidad entre ánodo diodo y rejilla triodo: menos de 0,007 pF
Capacidad entre ánodo diodo y ánodo triodo: menos de 0,005 pF

CARACTERISTICAS TIPICAS DE LA SECCION TRIODO

Tensión ánodo	V_a =	170	100 V
Tensión rejilla	V_g =	—1,55	—1 V
Corriente ánodo	I_a =	1,5	0,8 mA
Transconductancia	S =	1,65	1,4 mA/A
Factor de amplificación	μ =	70	70
Resistencia interna	R_i =	42	50 KΩ

CARACTERISTICAS TIPICAS DE UTILIZACION DE LA UBC 81 COMO PREAMPLIFICADORA DE B.F.

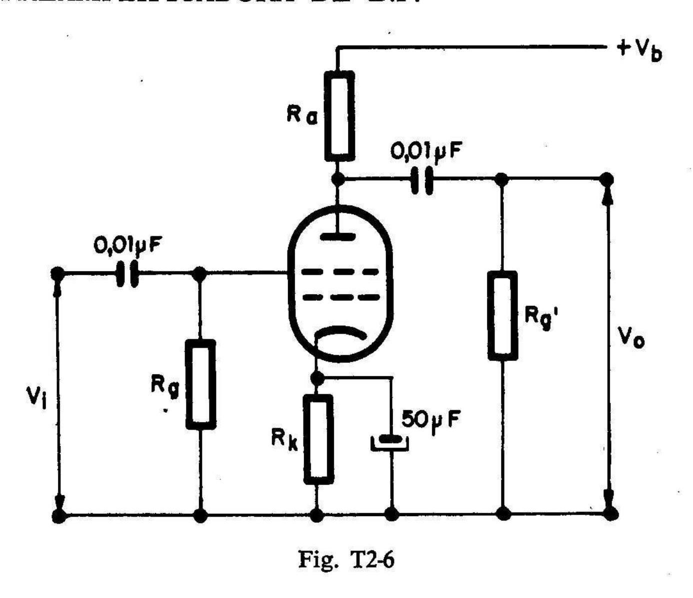


Fig. T2-6

V_b (V)	R_a (MΩ)	R_k (kΩ)	R_g (MΩ)	R_g' (MΩ)	I_a (mA)	$\frac{V_o}{V_i}$	d_{tot} (%) at V_o = 3 V_{eff}	5 V_{eff}	8 V_{eff}
170	0,22	5,6	1,0	0,68	0,28	44	1,1	1,3	1,85
170	0,1	3,9	1,0	0,68	0,45	37	1,1	1,7	2,6
170	0,22	—	22	0,33	0,46	48	0,95	1,1	1,3
170	0,1	—	22	0,33	0,82	42	0,75	1,0	1,2
100	0,22	5,6	1,0	0,68	0,18	41	1,4	1,9	—
100	0,1	3,9	1,0	0,68	0,28	34	2,0	3,5	—
100	0,22	—	22	0,33	0,21	41	1,45	2,0	—
100	0,1	—	22	0,33	0,35	35	1,6	2,8	—

VALORES LIMITES

Sección triodo

V_{max} ánodo en bloqueo, $V_{ao\ max} = 550$ V

V_{max} ánodo, $V_{a\ max} = 250$ V

Potencia máxima, $W_{a\,max} = 0{,}5$ W
Corriente de cátodo máxima, $I_{k\,max} = 5$ mA
Tensión máxima de rejilla, $-V_{g\,max} = 1{,}3$ V
Tensión máxima cátodo-filamento, $V_{kf\,max} = 100$ V
Resistencia máxima cátodo filamento, $R_{kf\,max} = 20$ KΩ

Curva característica I_a/V_g de la UBC 81

En la figura T2-7 se representa el gráfico en el que se relaciona I_a con V_g, en trazo continuo para una tensión de ánodo de 170 V, y en trazo discontinuo para 100 V. Un tipo de curvas indica la I_a y el otro la pendiente S con las mencionadas tensiones.

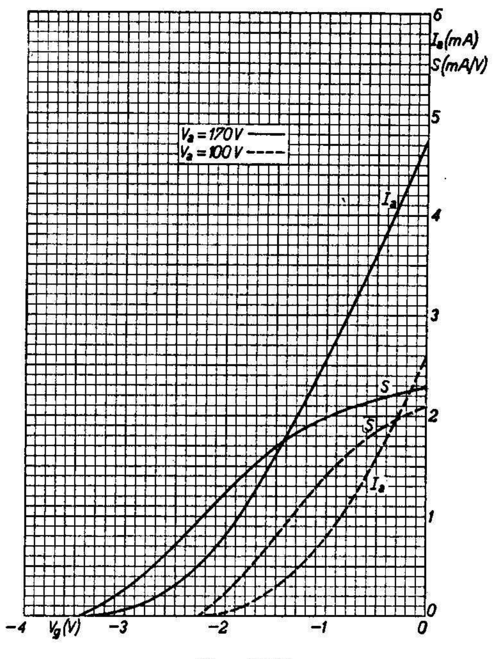


Fig. T2-7

Curva característica I_a/V_a de la UBC 81

Se representan en la figura T2-8 unas curvas que relacionan los valores de I_a con V_a para diferentes tensiones de la rejilla de control, indicando también la curva de máxima potencia para $W_a =$ $= 0{,}5$ W.

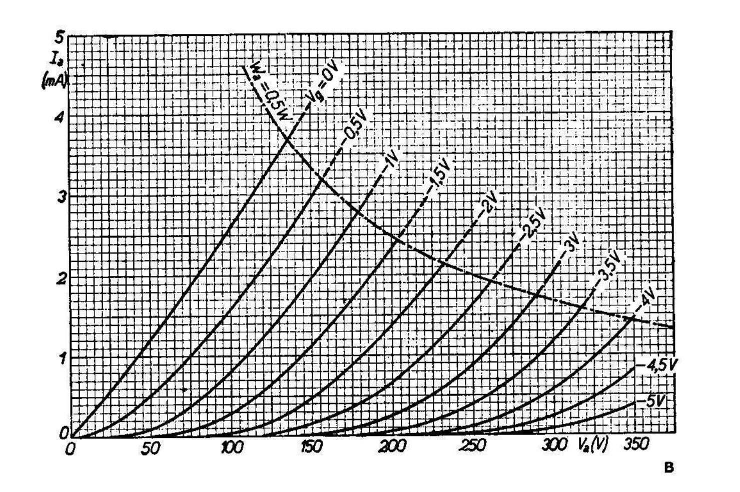


Fig. T2-8

NORMAS PRACTICAS PARA EL MONTAJE DE AMPLIFICADORES DE B.F.

La elección de las válvulas es lo más importante para el buen funcionamiento del amplificador de B.F., pero el zumbido puede generarse no sólo por el trabajo incorrecto de una válvula, sino también por una serie de factores dependientes del montaje y de la ubicación de los componentes que conforman el circuito amplificador. A continuación se resumen una serie de normas y cuidados que hay que tener en la realización de un amplificador de B.F.

1.ª norma: Una de las causas más comunes que producen el zumbido es la de un mal filtrado, por lo que se deberán revisar en primer lugar con el polímetro los condensadores electrolíticos de filtro, los componentes que les auxilian y su sujeción y tomas de masa.

2.ª norma: La inducción ocasionada por unos elementos sobre otros también es causa frecuente de zumbidos. De ahí que una planificada disposición de los elementos sea otro motivo influyente en la aparición del zumbido. El transformador de alimentación, así como el circuito de entrada, deben montarse lo más lejos posible del paso preamplificador, que es el más peligroso en cuanto a captación de zumbido, siendo de interés que la válvula o válvulas de salida se sitúen cerca de la alimentación.

3.ª norma: Se debe tomar especial cuidado en el montaje y distribución de los cables que conectan los filamentos de las vál-

vulas: deben ir derechos, formando ángulos rectos en las esquinas, pegando o rozando al chasis y retorcidos entre sí, procurando que las soldaduras que los sostienen no tengan excesiva cantidad de estaño y su disposición no sea paralela a los componentes y cables que van hasta la placa y la rejilla de control.

4.ª norma: Colocar pocas tomas de tierra, usando una como máximo en cada válvula, a la que se recomienda enviar también la chimenea del zócalo y, de ser posible, unir entre sí todos los puntos de tierra a uno común, muy rígidamente formado.

5.ª norma: Se utilizarán condensadores de alta calidad y con elevada resistencia dieléctrica en los acoplos de placa a rejilla de las diferentes etapas, para evitar distorsiones. A veces se origina en ellos zumbido inducido por el transformador, que en la mayoría de los casos se elimina desplazando o cambiando de posición el componente.

6.ª norma: Los potenciómetros de volumen y tono irán conectados con cables blindados, con una buena toma de tierra hecha a su malla envolvente.

7.ª norma: El montador experimentado coloca los componentes soldados con sus terminales lo más cortos posible, a excepción de los condensadores mencionados en la norma 5.ª; pone todos los elementos horizontales, verticales o de pie respecto al chasis; aprieta fuertemente todas las tuercas y tornillos; efectúa soldaduras con poca cantidad de estaño; no pela excesivamente el plástico de los extremos de los cables (basta con 5 a 10 milímetros); procura que los cables sean lo más cortos posible, yendo por las esquinas y a ras del chasis, derechos y formando ángulos rectos en los cambios de dirección, etc. La experiencia y el buen gusto son los dos mejores consejeros para lograr un buen trabajo.

8.ª norma: El microfonismo puede ser producido por la vibración de una válvula a causa de la reacción acústica del altavoz. Se consigue su amortiguamiento con montajes elásticos de los zócalos o procedimientos similares, como soportes de mica en los electrodos.

9.ª norma: En las válvulas preamplificadoras para evitar el zumbido se toman una serie de cuidados respecto al filamento de la válvula, cuyo campo magnético o las fugas de intensidades a través de los condensadores ficticios con otros electrodos son responsables del mismo, evitando que tengan altos valores la corriente de filamento y los condensadores de acoplo. Finalmente, conviene que la válvula disponga de un blindaje completo y que las corrientes de fuga entre los diversos electrodos sean reducidas.

LECCION **3**

MONTAJE DE UN AMPLIFICADOR DE B.F.

DESCRIPCION

Se trata de montar un amplificador de B.F. de una sola etapa, que será la de salida, con el pentodo de potencia UL 84, cuyos datos y características se comentaron en la lección precedente. El rendimiento que se obtendrá en esta etapa será bajo, porque la señal pasa únicamente por la etapa de salida, que se preocupa casi exclusivamente de obtener una potencia elevada para excitar el altavoz. En la próxima práctica la señal de entrada será amplificada en tensión en un paso preamplificador, del que se obtendrá un nivel adecuado para atacar al paso de salida, obteniéndose un resultado muy aceptable.

El esquema electrónico del amplificador que se intenta montar es el de la figura T3-1.

Todos los componentes que forman esta etapa tienen su misión descrita detalladamente en las lecciones teóricas. No obstante, se hace aquí un breve resumen de su comportamiento.

La resistencia de 150 Ω y el condensador electrolítico de 25 μF constituyen la polarización por cátodo que hace negativa la rejilla de control para que la válvula trabaje en el punto de reposo elegido.

La resistencia de 470 KΩ entre rejilla y cátodo sirve para soportar entre sus bornes la tensión de entrada que se aplica a la válvula.

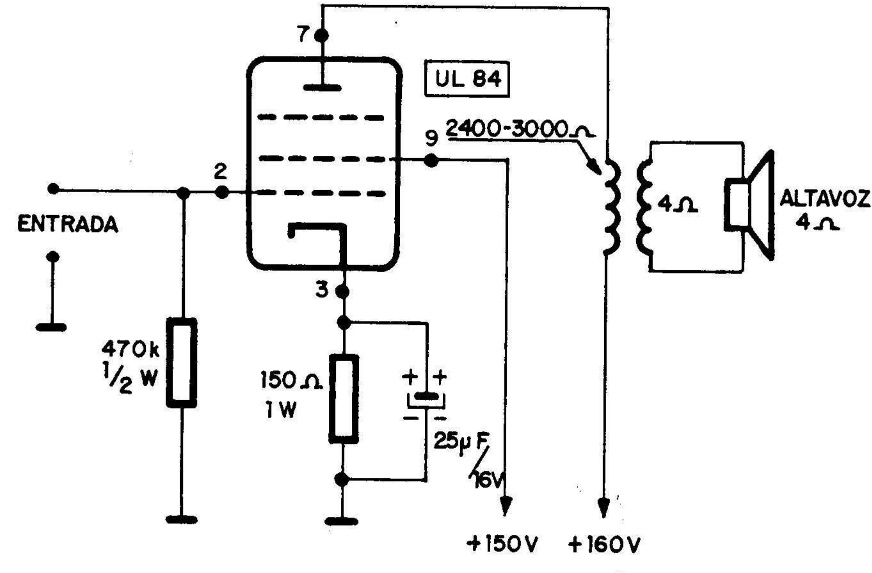


Fig. T3-1

La rejilla pantalla recibe una polarización alta de c.c. directamente de la salida del filtro de la fuente de alimentación, y la placa la recibe, a través del primario del transformador, de la entrada del filtro, con objeto que sea algo superior. La rejilla supresora está conectada interiormente al potencial de cátodo.

La resistencia de carga recomendada para la UL 84 oscila entre 2.400 y 3.000 Ω, por lo que no se puede aplicar el altavoz directamente como carga de la misma y habrá que hacerlo a través de un transformador de acoplo que posea como impedancia primaria de 2.400 a 3.000 Ω y como impedancia secundaria 4 Ω, que es la del altavoz.

RESUMEN DEL MONTAJE YA REALIZADO

En el tomo anterior se efectuó una serie de montajes que, al igual que los que se presentan en éste, tratan de ir comprobando el funcionamiento práctico de los bloques fundamentales de la electrónica, al mismo tiempo que se va perfilando la realización de un aparato de radio que dará una utilidad final a todas las prácticas e indirectamente y como complemento el conocimiento de la técnica de la radio.

Hasta el momento se han montado en el chasis los circuitos siguientes: entrada de tensión para 220 ó 125 V; interruptor para la puesta en marcha; el correspondiente a la lamparita piloto que alumbrará la zona del dial; filamentos de las cinco válvulas que componen el equipo; fuente de alimentación con la UY 85, encargada de transformar la c.a. en c.c.

En la figura T3-2 (vér lámina aparte) se muestra una fotografía de conjunto del montaje ya realizado y en el primer desplegable del final del libro, el esquema con la disposición de los componentes en el chasis.

Obsérvese en la figura T3-2 que del segundo condensador electrolítico, al que llega también la resistencia de 1,5 KΩ, sale un cable pelado de unos 2 milímetros de diámetro, estañado, que pasando frente a los zócalos de las válvulas a una altura de unos dos centímetros del chasis, va a apoyarse en la pata 9 de la UL 84. Este cable tiene la misión de distribuir la tensión de c.c. a todos los puntos que lo necesiten.

MONTAJE PRACTICO DEL AMPLIFICADOR

Con objeto de ordenar lógicamente todas las operaciones se describirán una por una:

1.ª) Sujetar el transformador de adaptación de impedancia en la parte de arriba del chasis por medio de dos tornillos, uno de los cuales podrá ser el que sujeta también al portalamparitas; el otro habrá que colocarlo en el lugar adecuado, haciendo un agujero en el chasis con un taladro. Las patas del transformador quedarán mirando hacia el lado de las válvulas, como se muestra en la figura T3-3 (ver en lámina aparte).

2.ª) Colocar una toma de masa por la parte de abajo del chasis, en el tornillo del zócalo de la UL 84, cercano al cable pelado que transporta la tensión continua.

3.ª) Soldar el condensador electrolítico de 25 μF, 16 V, en paralelo con la resistencia de 150 Ω, 1 W, como lo muestra la figura T3-4.

4.ª) Montar los dos componentes soldados en el epígrafe anterior colocados uno encima de otro y pegados los dos a la pared del chasis (en los dibujos se ponen uno al lado del otro para que ambos se vean), de forma que el extremo de la resistencia al que corresponde el polo positivo del condensador electrolítico de 25 μF se dirija a la pata 3 de la UL 84 y el otro extremo a la toma

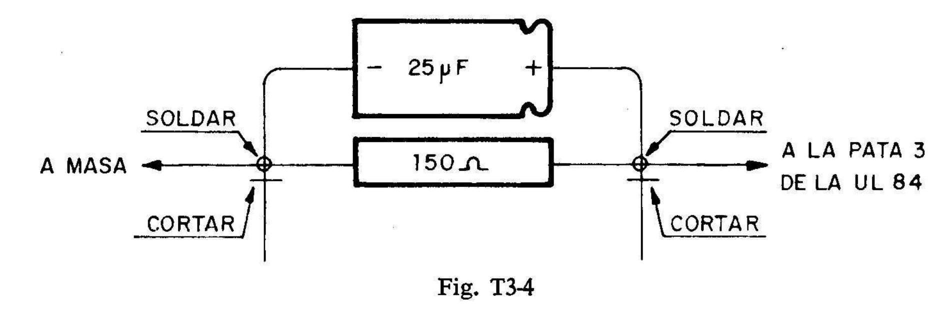


Fig. T3-4

de masa puesta en el apartado 2.°. Como los extremos de esta resistencia quedarán bastante largos y estarán desnudos, para evitar cualquier cortocircuito conviene protegerlos con «macarrón», que es un plástico hueco.

5.ª) Colocar una resistencia de 470 KΩ, 1/2 W, horizontal, entre la patita 2 de la UL 84 y la toma de masa que hay en el zócalo de esta válvula, pasando por encima de la chimenea a poca altura.

NOTA: Es conveniente que los componentes que se colocan —resistencias y condensadores en especial— se monten siempre horizontales (siguiendo la línea de la chapa del dial), verticales o de pie; nunca deben quedar inclinados.

6.ª) Cable rígido y protegido con plástico de 0, 5 mm de Ø, del usado en las conexiones electrónicas, que vaya a ras del chasis, derecho y formando ángulos rectos, desde la patita 7 de la UL 84 hasta una cualquiera de las patas del primario del transformador, en donde pone 2.400-3.00, atravesando el chasis por el agujero que hay junto al zócalo de la UY 85.

7.ª) Otro cable como el anterior desde la otra pata del primario hasta la pata 3 de la UY 85.

8.ª) Dos cables flexibles, de casi 1 metro de longitud, trenzados entre sí, unirlos desde las dos patas del secundario del transformador, en las que pone 4 Ω, hasta los dos bornes del altavoz.

En la figura T3-5 (ver en lámina aparte) se presenta una fotografía de conjunto y en el segundo desplegable, al final del libro, el esquema y la distribución de los componentes en el chasis.

Para que el ánodo de la UL 84 tenga algo más de tensión que la pantalla se ha conectado al primer condensador electrolítico, mientras que la pantalla está unida al segundo, por medio del cable pelado encargado de distribuir la tensión continua.

PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL AMPLIFICADOR

Sin aplicar ninguna señal de B.F. al amplificador para que trabaje y comprobando las tensiones continuas que hay en los tres electrodos principales de la UL 84 se pueden sacar unas consecuencias muy apreciables en cuanto a la actuación de esta etapa.

Las tres tensiones fundamentales de la UL 84 son la anódica, la de pantalla y la de cátodo, siendo esta última quizá la más importante, pues su valor indica la corriente que pasa por la válvula. Hay que tener en cuenta que toda la intensidad de electrones que sale del cátodo y se distribuye entre placa y pantalla cierra circuito, regresando de nuevo al cátodo a través de la resistencia de 150 Ω. En la figura T3-6 se indican las líneas de corriente que atraviesan los electrodos de la UL 84, todas ellas componentes continuas, dado que hemos partido del supuesto que no se le aplicaba señal de entrada a la válvula, por lo que sus valores serán constantes.

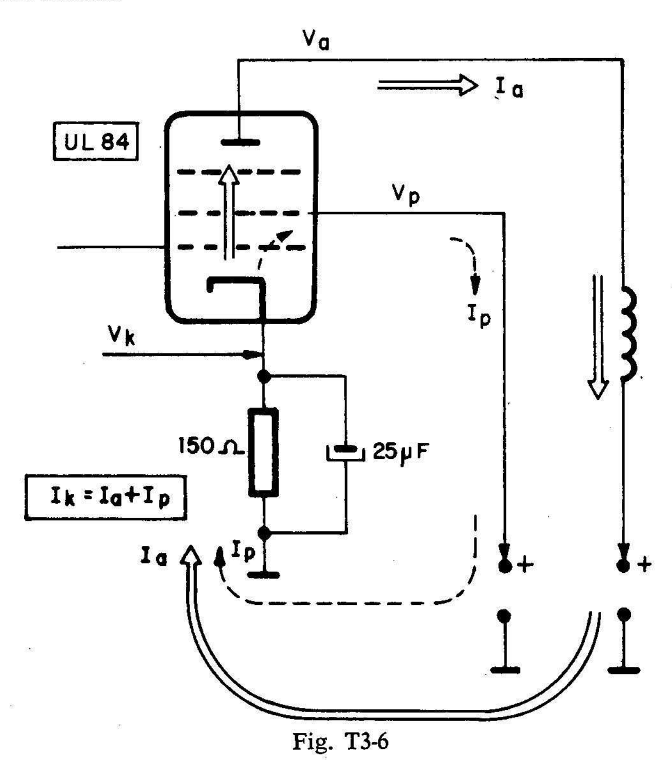


Fig. T3-6

Si la tensión de cátodo V_k vale aproximadamente unos 4,5 V, la intensidad que sale del cátodo, aplicando la ley de Ohm, tendrá un valor de:

$$I_k = \frac{V_k}{R_k} = \frac{4,5}{150} = 0,030 \text{ A} = 30 \text{ mA}$$

Este valor, incluso algo superior, es el correcto para el trabajo de la UL 84 en el punto de reposo. Un valor nulo de V_k indicaría que la válvula no conduce; un valor muy elevado, que está trabajando inadecuadamente en saturación.

La información del estado del amplificador se completa con la medida de la tensión anódica V_a, que aproximadamente será la misma que la de alimentación desde el primer condensador electrolítico de filtro: unos 160 V (si la tensión de red es de 220 V conviene realizar estas medidas sin poner la lamparita piloto), pues apenas hay caída de tensión en el bobinado primario del transformador. Un poco más baja será la tensión existente en rejilla pantalla, V_p, que será la que marque el polímetro al medir la tensión continua entre tierra o chasis y la patita 9 de la UL 84. Recuérdese que para efectuar las medidas de tensión siempre se inserta en uno de los agujeros del chasis, haciendo buena masa, la punta negra del polímetro.

Las tres tensiones anteriores variarán ligeramente cuando entre rejilla de control de la UL 84 (pata 2) y tierra se aplique una señal de B.F., como por ejemplo la que produce un giradiscos, un micrófono, un generador de B.F. o, a falta de todo, el mismo dedo, que siempre posee algo de señal o ruido inducido.

Desde luego, el mejor sistema para comprobar el funcionamiento del amplificador es introduciendo una señal de B.F. y escuchando el resultado en el altavoz, que será bastante pobre, como ya se adelantó.

A continuación se describen someramente algunas de las averías que pueden ocurrir en esta etapa:

1.ª) Válvula UL 84 agotada: la tensión en el cátodo de dicha válvula es $V_k = 0$, puesto que no circula intensidad.

2.ª) El primario del transformador cortado: no habrá tensión en el ánodo, siendo $V_a = 0$.

3.ª) El secundario del transformador cortado: tocando sus extremos con el polímetro en ohmios marcará infinito.

4.ª) Resistencia de cátodo cortada: sorprendentemente, V_k vale aproximadamente unos 22 V contra los 4,5 V normales. Esta

tensión excesiva se debe a que, si bien por el circuito no circula corriente, por no poder regresar ésta al cátodo por R_k, al colocar el polímetro para efectuar la medida en paralelo con R_k se cierra el circuito por él, y como tiene una resistencia interna muy superior a 150 Ω produce una caída de tensión mayor, según se esquematiza en la figura T3-7.

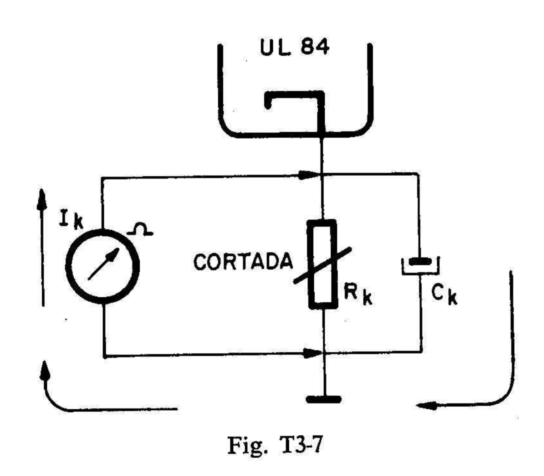


Fig. T3-7

LECCION 4

MONTAJE DE UN AMPLIFICADOR DE B.F. DE DOS ETAPAS

DESCRIPCION

El amplificador de la lección anterior, con la UL 84, proporciona una potencia acústica bastante baja, debido a que la señal de entrada era muy débil. Para remediarlo se añade a este circuito una etapa previa utilizando el triodo de la UBC 81, el cual actúa como preamplificador y eleva considerablemente el nivel de la señal de entrada a la válvula UL 84, lo que supondrá un importante aumento en el volumen final del altavoz.

La UBC 81 es una válvula que, como sus dos letras intermedias indican, consta de un doble diodo (B) y un triodo (C), siendo este último el que actuará como preamplificador. El doble diodo se encarga de la detección, tema que se explicará más adelante. Con objeto de evitar la entrada de ruidos e interferencias en la válvula UBC 81 estará envuelta y protegida por una malla metálica que se enviará a tierra (patita 7 de la UBC 81), con lo que quedará blindada la actuación de esta válvula.

El esquema del amplificador de dos etapas, cuya construcción se propone, se representa en la figura T4-1.

MONTAJE PRACTICO

A continuación se exponen ordenadamente las fases del montaje de los componentes.

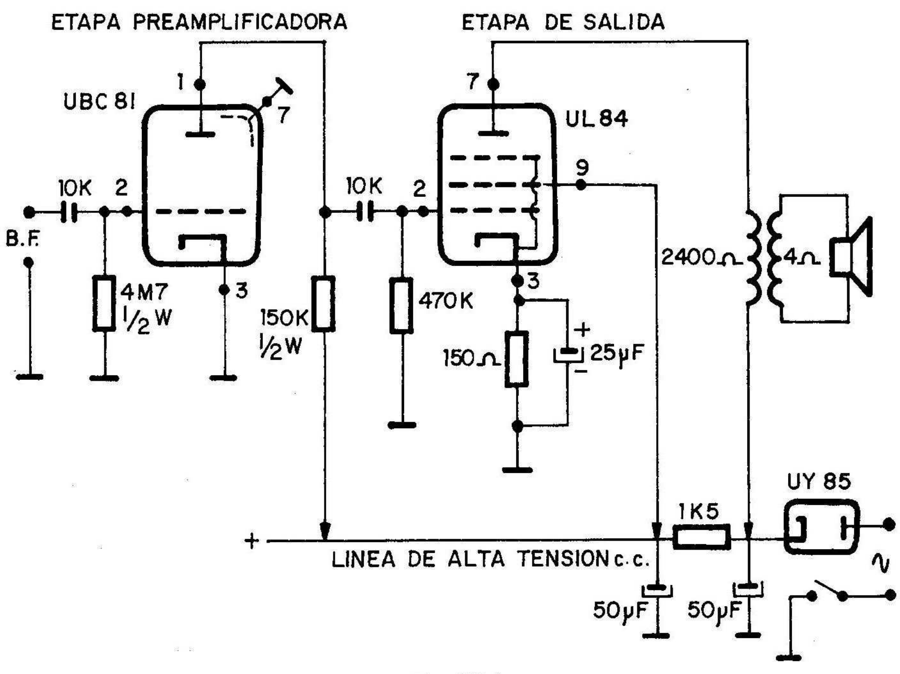


Fig. T4-1

1.ª) Colocar un condensador de papel o poliéster, de 10.000 pF, 300 V, entre la patita 2 de la UL 84 y la patita 1 de la UBC 81 (no conviene soldar en esta patita 1 hasta que no se coloque el otro componente que va en ella, o sea, la resistencia de 150 KΩ). Este condensador se procurará poner horizontal, a poca altura de las patitas de los zócalos y cubiertos sus extremos con macarrón.

2.ª) Conectar una resistencia de 150 KΩ, 1/2 W, entre la patita 1 de la UBC 81 y el cable pelado que distribuye la tensión continua. Como orientación, esta resistencia podrá ir vertical, pasando por encima de dicho cable pelado.

3.ª) Como se indica en el esquema, las patitas 3 y 7 de la UBC 81 han de ir a tierra. Puesto que en el montaje del circuito de filamentos de las válvulas se puso a tierra la chimenea de la UBC 81 por medio de un cable pelado que, saliendo de la patita 5 de la UBC 81, atravesaba por dos agujeritos la chimenea de la UBC 81 soldándose en ellos y enviándose finalmente a una toma de masa, la forma más sencilla de poner a masa las patitas 3 y 7

es doblándolas hacia dentro, hasta que toquen la chimenea, y soldándolas a ella.

4.ª) Colocar una resistencia de 4,7 MΩ, 1/2 W, desde la patita 2 de la UBC 81 (no soldar aún, porque en esta pata va otro componente) hasta tierra, que puede ser la chimenea de la válvula o una toma de masa.

5.ª) Poner en el agujero intermedio vacío existente entre los zócalos de la UBC 81 y la UF 89, en su guía más cercana a la UF 89, un tornillo que sostenga por la parte de debajo del chasis una toma de masa y un portaconexiones de dos terminales, según se detalla en la figura T4-2.

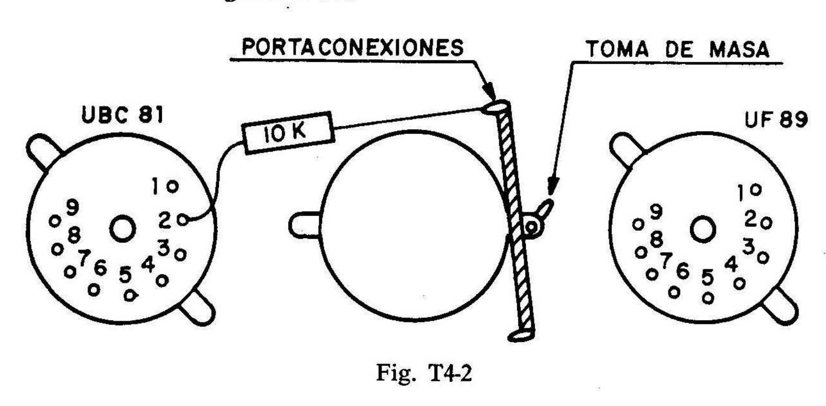


Fig. T4-2

6.ª) Conectar la patita 2 de la UBC 81 (ya se puede soldar) y el terminal del portaconexiones más cercano al cable pelado que distribuye la tensión de la fuente, un condensador de papel o poliéster, de 10.000 pF, 300 V, en posición horizontal y como muestra la figura T4-2.

El esquema completo del circuito realizado hasta el momento, con un plano de distribución de componentes, lo presenta el desplegable 3.º; una fotografía de conjunto es la de la figura T4-3 (ver en lámina aparte).

PRUEBAS Y MEDIDAS EN EL AMPLIFICADOR DE DOS ETAPAS DE B.F.

Comentadas en la práctica anterior las peculiaridades de las tensiones que caracterizan la etapa de salida con la UL 84, se in-

dican ahora los valores correctos de las tensiones existentes en la sección triodo de la UBC 81. Sin señal de entrada, tanto el cátodo como la rejilla de control no dispondrán de ninguna tensión, mientras que el ánodo estará polarizado desde el cable pelado de distribución de c.c., a través de la resistencia de 150 KΩ.

Hay que tener presente que en el cable pelado de distribución de c.c., a medida que aumenta el circuito al que abastece de tensión va disminuyendo ésta, puesto que como sale de la fuente de alimentación en la que hay una resistencia de 1,5 KΩ, de filtro, al elevarse la corriente que circula por ella disipa más voltaje, con lo que se reduce el de salida.

En el ánodo o patita 1 de la UBC 81 sólo habrá una tensión de unos 60 V, produciéndose una caída en la resistencia de carga (150 KΩ) de unos 140 — 60 = 80 V, suponiendo que ahora el cable pelado disponga de 140 V. Si no hubiese caída de tensión en la resistencia de carga y existiesen en sus bornes los 140 V de salida de la fuente sería prueba inequívoca de que la válvula no conduce, porque al no pasar corriente por la resistencia de 150 KΩ no absorbe tensión alguna.

Si la tensión en el ánodo de la UBC 81 fuese nula, la avería radicaría en la resistencia de 150 KΩ, que al estar cortada impide el paso de la tensión y de la corriente desde la fuente (cable pelado) a la placa.

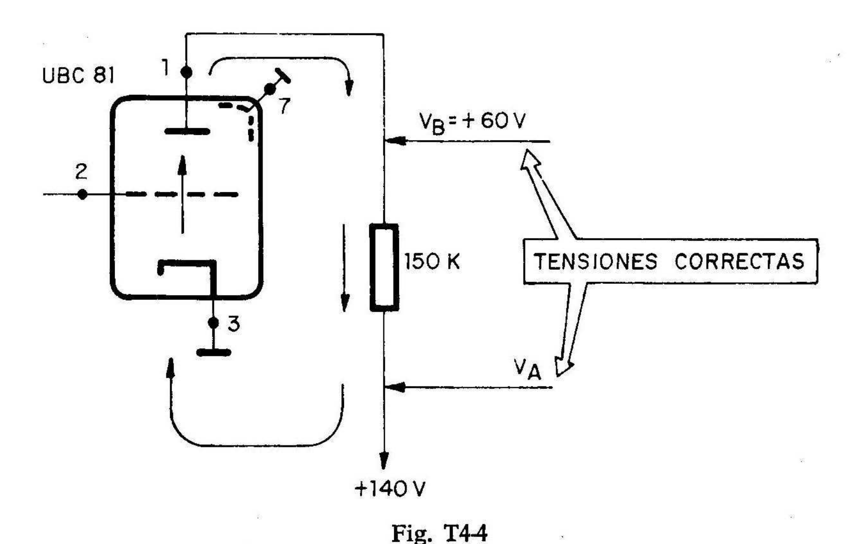


Fig. T4-4

La intensidad normal que circula por el circuito del triodo de la UBC 81, mostrado en la figura T4-4, se calculará aplicando la ley de Ohm entre los extremos de la resistencia de carga:

$$I_{UBC\ 81} = \frac{V_A - V_b}{R} = \frac{140 - 60}{150.000} = \frac{80}{150.000}$$

de donde,

$$I_{UBC\ 81} = 0{,}00055\ \text{A} = 0{,}55\ \text{mA}$$

Al aplicar una señal de B.F. (micrófono, giradiscos, inyector de B.F.), entre el extremo del condensador de 10.000 pF unido al portaconexiones y masa, debe producirse un volumen de sonido alto; tanto que debe resultar incluso molesto. Tal es la razón por la que en la próxima práctica se establecerá una regulación del volumen a través del potenciómetro correspondiente.

LECCION **5**

REGULACION DEL VOLUMEN Y DEL TONO

MISION DE LOS CONTROLES DE VOLUMEN Y TONO

La potencia acústica del amplificador de B.F. de dos etapas de la práctica anterior era excesiva y molesta, por lo que procede rebajarla convenientemente hasta alcanzar el nivel sonoro adecuado en cada circunstancia. Para conseguirlo se precisa únicamente un potenciómetro, denominado «de volumen», que tiene como cometido regular la cantidad de señal de B.F. que se aplica a la entrada del amplificador, siendo su circuito el mostrado en la figura T5-1.

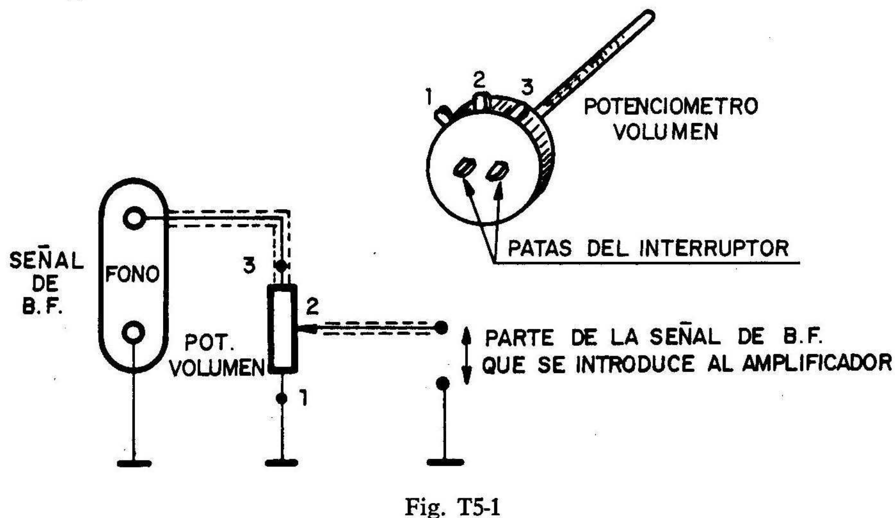


Fig. T5-1

Según la posición del cursor de este potenciómetro, la cantidad de B.F. que se aplica a la entrada del amplificador varía, con lo que lo hará proporcionalmente la potencia obtenida en el altavoz. En el caso de la figura T5-1, cuanto más arriba esté el cursor, más señal se introduce, y viceversa.

El tono del sonido reproducido por el amplificador tampoco será muy perfecto, sobre todo en el caso de utilizar un solo altavoz y recordando las características que se presentaron en la primera lección práctica de este libro relativa a los altavoces.

Aunque la tonalidad ideal entre los sonidos graves y los agudos es bastante objetiva y depende de cada persona, es interesante disponer de un mando para modificarla a voluntad. Dicho mando deberá ser capaz de seleccionar y dejar pasar las frecuencias altas o las bajas, para que se oigan los agudos o los graves a conveniencia. En cierta posición del control de tono pasarán preponderantemente las frecuencias altas y el sonido será bastante agudo; en otra posición pasará la gama de las frecuencias bajas, y el sonido tendrá un tono grave. El mando de tono que colocaremos al amplificador de dos etapas será muy elemental, constituido por un potenciómetro lineal y un condensador, tal como se muestra en la figura T5-2.

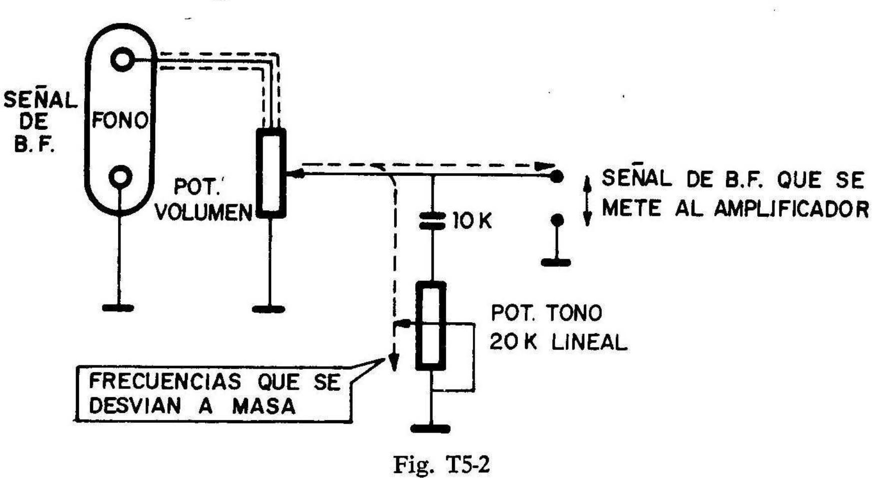


Fig. T5-2

El comportamiento del control de tono de la figura T5-2 es el siguiente: la señal de B.F., compuesta por frecuencias comprendidas entre los 16 y los 20.000 Hz, está aplicada entre el cursor del potenciómetro de volumen y masa. Entre dichos puntos hemos

colocado un condensador de 10.000 pF y un potenciómetro, además de la entrada al amplificador. El condensador, junto con el potenciómetro de tono, presentan a las frecuencias un camino diferente según el valor del potenciómetro; es decir, que la impedancia compuesta por estos dos elementos varía por dos motivos: uno, según la frecuencia que se esté introduciendo por la plaqueta de FONO (la X_c del condensador es inversamente proporcional a la frecuencia de trabajo) y otro, por el valor de la resistencia del potenciómetro de FONO, que se regula a voluntad; por tanto, para variar los límites de las frecuencias que pasan por estos componentes se altera el valor óhmico del potenciómetro de tono, con lo que se derivan a masa ciertas frecuencias, que dejarán de oírse en el altavoz.

MONTAJE PRACTICO DE LOS CONTROLES DE VOLUMEN Y TONO

La posición de la plaqueta de FONO en el chasis es muy distante de la del potenciómetro de volumen que regulará la cantidad de la señal de B.F. que se aplique al amplificador. Por este motivo el recorrido de la B.F. entre estos dos elementos ha de estar bien protegido contra las interferencias, ruidos y parásitos que pudieran introducirse por los cables y perturbar la señal que hay que reproducir. Los cables que se emplearán en la interconexión de estas partes serán «blindados», lo que significa que sobre el cable o alma que transporta la B.F., hay un recubrimiento de plástico y sobre él una malla metálica que lo envuelve y se conecta a masa, para derivar al chasis las perturbaciones antes aludidas, impidiendo que lleguen al alma. A veces, y como se muestra en la figura T5-3, sobre la malla metálica existe otro recubrimiento de plástico.

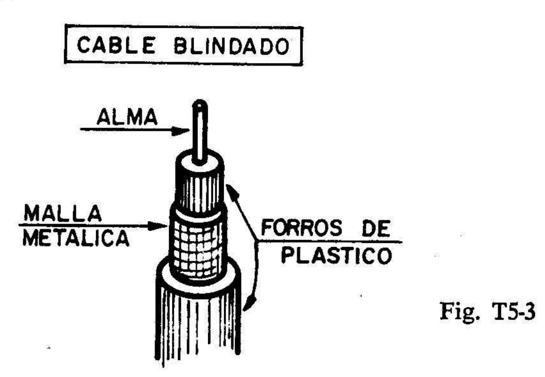


Fig. T5-3

Las fases del montaje práctico para conectar el potenciómetro de volumen, que ya está colocado en el chasis y del que utilizamos el interruptor que lleva incorporado, cuyos bornes son las dos patitas frontales, son las siguientes:

1.ª) Cortar dos trozos de cable blindado: uno, que tendrá la longitud suficiente para unir la pata central del potenciómetro de volumen con la patita del portaconexiones al que llega el condensador de 10.000 pF desde la patita 2 de la UBC 81; otro, que cubra el recorrido entre la patita derecha del potenciómetro de volumen y el terminal libre del portaconexiones. Una vez cortados dichos trozos de cable blindado, preparar sus extremos, descubriendo 1 ó 2 centímetros el alma y dejando al descubierto en ambos unos 4 centímetros de malla, la que se rasga transversalmente y se retuerce para realizar mejor su soldadura a tierra, según detalle de la figura T5-4.

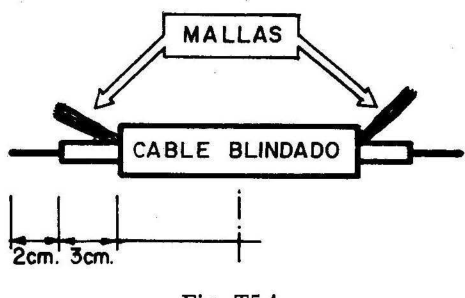


Fig. T5-4

2.ª) Conectar uno de dichos trozos de cable blindado ya preparado entre la pata central del potenciómetro de volumen (colocado ya con ocasión de utilizar el interruptor que lleva incorporado) y el terminal del portaconexiones al que llega el condensador de 10.000 pF. El cable blindado debe ir a ras del chasis, y las mallas retorcidas en ambos extremos se soldarán a tomas de masa cercanas.

3.ª) El otro trozo de cable blindado, enviarlo desde la patita derecha del potenciómetro de volumen hasta el terminal libre del portaconexiones, según detalle de la figura T5-5.

Los dos arrollamientos de las mallas de los cables blindados se sueldan juntas, en un extremo, a la toma de masa que hay al lado del potenciómetro y, en el otro, a la toma de masa colocada debajo del portaconexiones.

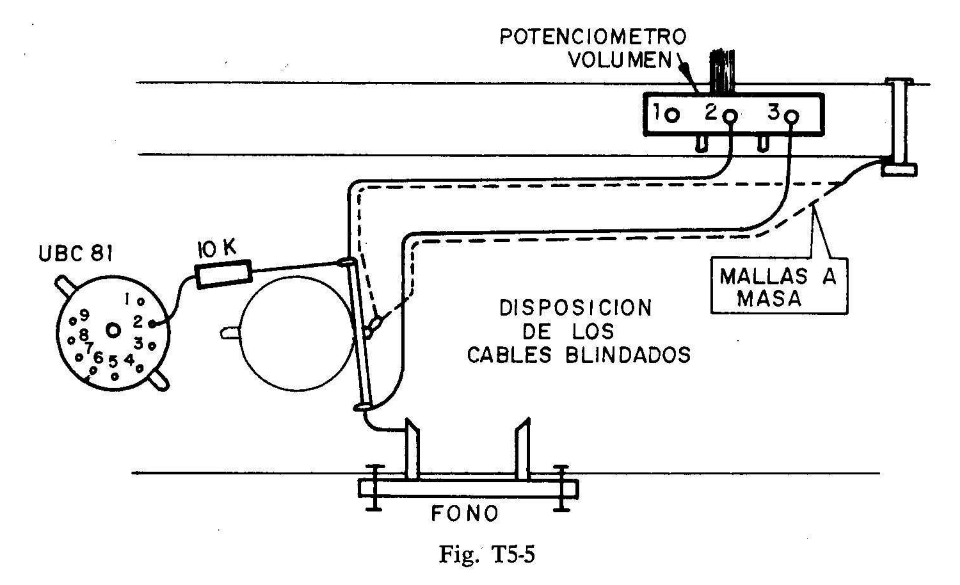


Fig. T5-5

4.ª) Colocar un cable de conexiones desde el terminal del portaconexiones a donde «sólo» llega el último cable blindado, hasta el terminal izquierdo de la plaqueta de FONO.

5.ª) Poner una toma de masa en el tornillo derecho que sujeta la plaqueta de FONO y unir a ella mediante cable pelado el terminal derecho de dicha plaqueta.

6.ª) Mandar a la toma de masa cercana la patita libre (izquierda) del potenciómetro de volumen, por medio de cable pelado.

7.ª) Para realizar el control de tono se comienza sujetando fuertemente un potenciómetro lineal de 20 KΩ en el agujero derecho respecto al de volumen en la chapa del dial.

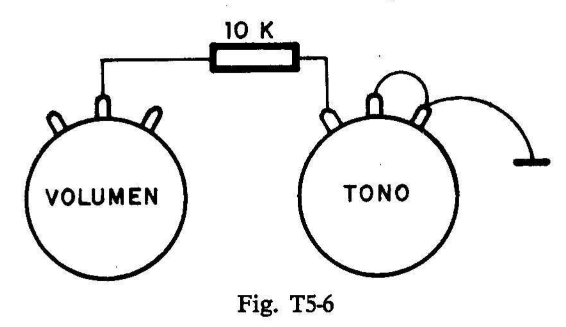


Fig. T5-6

8.ª) Se conecta un condensador de papel o poliéster, de 10.000 pF, 300 V, entre la pata central del potenciómetro de volumen y la izquierda del de tono, mientras que las dos patas restantes de este último se unen mediante cable pelado y se mandan a masa. En la figura T5-6 se representa el montaje del control de tono.

Por último, en el 4.° desplegable del final del libro se muestra el esquema completo del circuito propuesto hasta ahora, así como el plano con la ubicación de los componentes. Una foto de detalles es la figura T5-7 (en lámina aparte).

Una vez hecho el montaje convendrá probar el funcionamiento del amplificador y la regulación de los controles de volumen y tono, introduciendo una señal de B.F. por la plaqueta de FONO. También se recomienda anotar los valores correctos de las tensiones estudiadas en prácticas anteriores, con señal y sin ella.

PROCEDIMIENTOS ESTATICO Y DINAMICO PARA LA LOCALIZACION DE AVERIAS EN UN AMPLIFICADOR DE B.F.

Disponiendo del esquema del amplificador y de las tensiones correctas cuando funcionaba bien, un método para localizar una avería será el de medir una por una todas las magnitudes y buscar las incorrectas, para que con su conocimiento podamos sospechar del componente defectuoso (válvula agotada o con cortos internos, resistencias abiertas o aumentadas de valor, condensadores en corto o con fugas, etc.). A este procedimiento se le llama «estático», porque en la búsqueda de la avería sólo se precisa el polímetro y no hay que introducir una señal de B.F. para comprobar el resultado.

Un método más propio, a la vez que más rápido para un técnico electrónico, es el «dinámico», consistente en introducir una señal de B.F. mediante un inyector o generador en diversos puntos del circuito, desde el altavoz hasta la entrada o FONO, hasta localizar la etapa defectuosa, y ya en ella buscar con el polímetro las tensiones que difieren de las válidas conocidas, para deducir la causa de la avería.

Supongamos que se dispone de un amplificador de tres etapas como el mostrado en la figura T5-8.

Con el método dinámico se comienza aplicando con el inyector la señal de B.F. al altavoz (punto 1 de la figura T5-8). En caso de estar defectuoso no se oirá nada. Luego se inyecta en el secundario y en el primario del transformador de acoplamiento. Si en

estos puntos se oye un breve pitido (hay que tener en cuenta que la señal del inyector está sin amplificar y es muy baja), es prueba de que el altavoz y el transformador están bien.

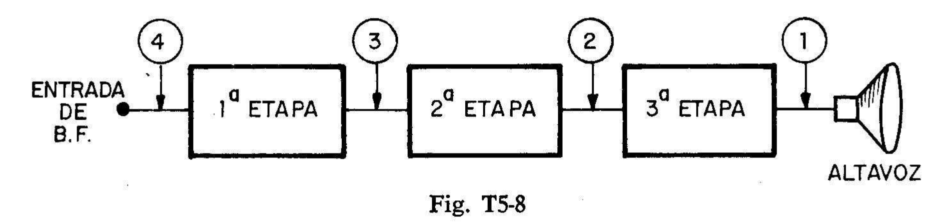


Fig. T5-8

A continuación se aplica el inyector en el punto 2 de la figura T5-8, o sea, en la entrada de la tercera etapa. Si se oye el pitido del generador en el altavoz es que está bien; si no, será ésta la etapa averiada y con el polímetro localizaremos en ella el componente defectuoso.

Si la tercera etapa está bien se toca en la entrada de la segunda (punto 3), y si se comprueba que también está bien se inyecta señal en la entrada de la primera etapa (punto 4). Siguiendo este orden en los puntos de inyección, la etapa que no responda y que al inyectar en ella no se oiga nada en el altavoz será la averiada.

LECCION **6**

MONTAJE DE UN AMPLIFICADOR EN CONTRAFASE

INTRODUCCION

Estudiados en la parte teórica el funcionamiento y las características de este tipo de amplificador de B.F. de salida, se propone el montaje de uno de ellos, aprovechando las mismas válvulas que se están utilizando.

Las usadas en el contrafase serán dos UL 84 y la inversora de la señal de B.F. que hay que introducir en las dos rejillas de los pentodos de potencia será una UBC 81.

En la figura T6-1 se representan las curvas características de dos válvulas UL 84 en un circuito en contrafase. La tensión reco-

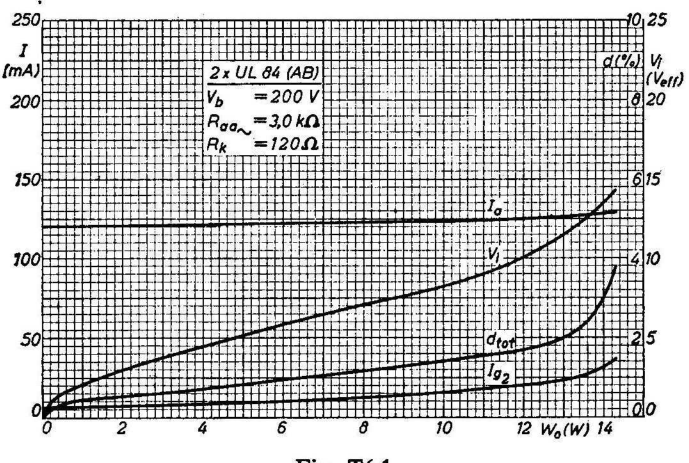


Fig. T6-1

mendable para la alimentación es de 200 V, la resistencia de carga estará constituida por los dos medios devanados del primario del transformador de acoplo, de unos 3.000 Ω de impedancia, y la resistencia común de cátodo será de 120 Ω.

En el gráfico anterior se relacionan los valores de I_a (mA) con los de la potencia, para obtener las magnitudes de la tensión de entrada V_i, la distorsión total d_{tot} y la corriente de pantalla I_{g2}.

El esquema de trabajo del amplificador en contrafase junto con la válvula inversora es el presentado en la figura T6-2.

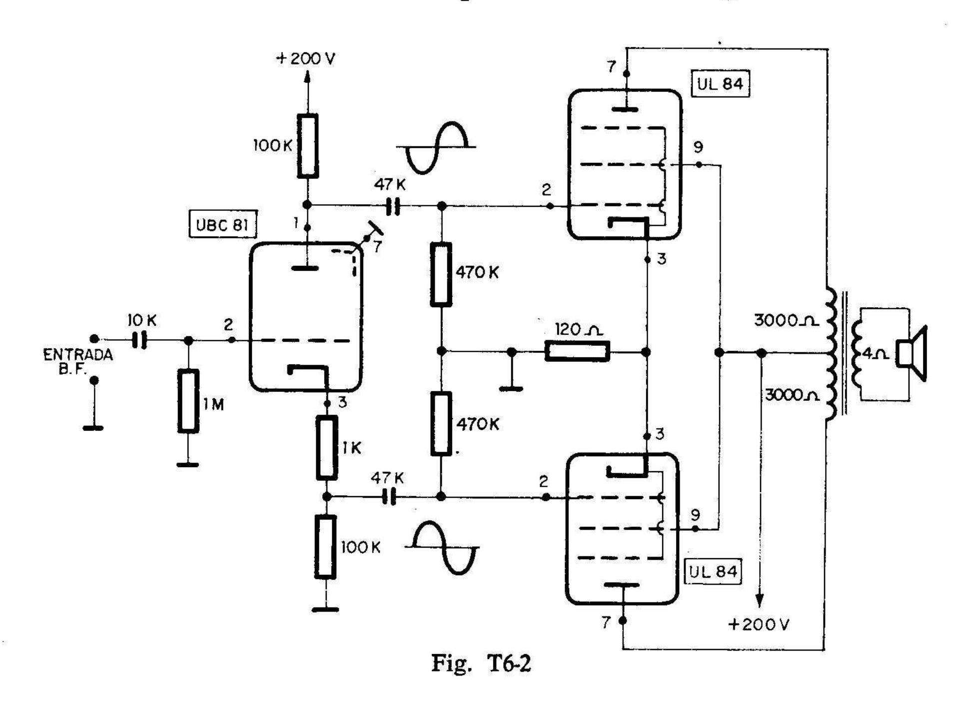


Fig. T6-2

La entrada de B.F. ataca la rejilla de control del triodo de la UBC 81 a través del condensador de 10.000 pF y la resistencia de 1 MΩ, produciéndose la amplificación de la señal en dicha válvula. En el ánodo del triodo, que lleva como resistencia de carga una de 100 KΩ, se tiene una señal desfasada 180° con respecto a la de entrada. Las dos resistencias dispuestas en el cátodo sirven para obtener entre ellas una señal de B.F. en fase con la de entrada, y que prácticamente será igual a la de placa en cuanto a amplitud, gracias al divisor de tensión formado por las

dos resistencias de 470 KΩ. Los condensadores de 47.000 pF dejan pasar las señales de B.F. y bloquean la componente continua. La UBC 81 ha producido dos señales de B.F. iguales y desfasadas entre sí 180°, que se aplican a las rejillas de control de los pentodos de salida en paralelo, al objeto de producir la conducción máxima de cada uno en su semiciclo y de forma alternada.

Las dos UL 84 disponen únicamente como polarización de cátodo una resistencia común de 120 Ω, y como carga los devanados del primario, como antes se ha explicado.

La potencia de sonido, así como su calidad, serán superiores a las obtenidas en el amplificador de las prácticas anteriores.

LECCION 7

MONTAJE DE UN AMPLIFICADOR DE ALTA FRECUENCIA

INTRODUCCION

Como se ha estudiado en los temas teóricos, los amplificadores de A.F. (alta frecuencia) se caracterizan por amplificar sólo una estrecha banda de frecuencias, con lo que se consiguen unos factores de amplificación muy altos, así como una selectividad tal que impide se amplifiquen señales de otras frecuencias.

Un tipo de amplificador de A.F es el denominado de «frecuencia intermedia», o F.I., encargado de trabajar con una frecuencia fija que recibe este nombre y que se comprenderá más claramente al estudiar en el siguiente tomo los receptores superheterodinos.

El amplificador de F.I. está sintonizado a una frecuencia fija por medio de dos transformadores que son en realidad circuitos resonantes, formados por una bobina y un condensador, uno a la entrada de la etapa y otro a la salida. Para ajustar estos transformadores a la frecuencia de trabajo, el núcleo interno de la bobina tiene una posición variable, pudiéndose introducir más o menos haciéndole girar con un destornillador especial de plástico y nunca con uno metálico, que influiría en el magnetismo total. Se debe tener en cuenta que los transformadores vienen ajustados de fábrica.

El montaje que se propone es un amplificador de F.I., o sea, de alta frecuencia, para el que se usará la válvula UF 89, cuyos datos y características se exponen a continuación.

UF 89. CARACTERISTICAS Y DATOS TECNICOS

Se trata de un pentodo de μ variable para su empleo en amplificadores de A.F. o de F.I. Sus filamentos son de caldeo indirecto con c.a. o c.c., con un consumo de 100 mA y 12,6 V, siendo su base o zócalo del tipo Noval.

El símbolo de la UF 89 y su conexionado son los mostrados en la figura T7-1.

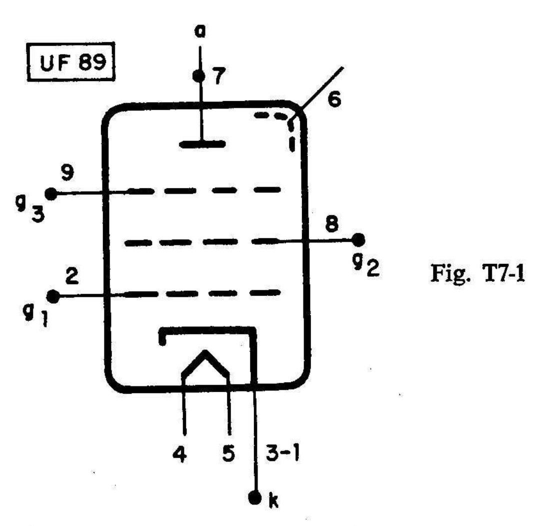


Fig. T7-1

Capacidades:

$C_a = 5{,}1$ pF $\qquad C_{ag1} < 0{,}002$ pF

$G_{g1} = 5{,}5$ pF $\qquad C_{g1f} = 0{,}05$ pF

Características típicas de funcionamiento de la UF 89:

$V_a = 170$ V

$V_{g2} = 100$ V

$V_{g3} = 0$ V

$I_a = 12$ mA

$V_{g1} = 1{,}2$ V

$I_{g2} = 4{,}4$ mA

$S = 4{,}4$ mA/V

$\mu_{g1g2} = 21$

Valores típicos:

V_{ao} (alimentación) = 550 V
$V_{a\ max}$ = 250 V
$W_{a\ max}$ = 2,25 w
$V_{g2o\ max}$ = 250 V
$I_{k\ max}$ = 16,5 mA
$R_{g1\ max}$ = 3 MΩ
$R_{g3\ max}$ = 20 KΩ
$R_{kf\ max}$ = 20 KΩ
$V_{kf\ max}$ = 150 V

CURVAS CARACTERISTICAS DE LA UF 89

En la primera de las curvas de la figura T7-2 se relaciona la corriente anódica I_a, para diferentes tensiones de la rejilla, y en la segunda, la corriente de rejilla pantalla para magnitudes variables de su tensión.

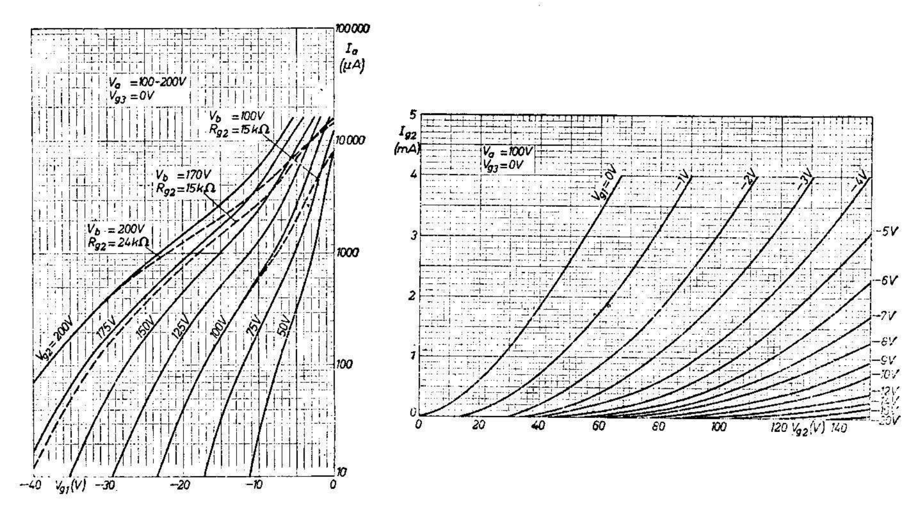


Fig. T7-2

Por último, en la curva mostrada en la figura T7-3 se indican los valores de R_i, la tranconductancia S y la R_{eq} para la tensión de alimentación de 100 V que usaremos con una R_{g2} = 15 KΩ, con valores variables de la rejilla de control.

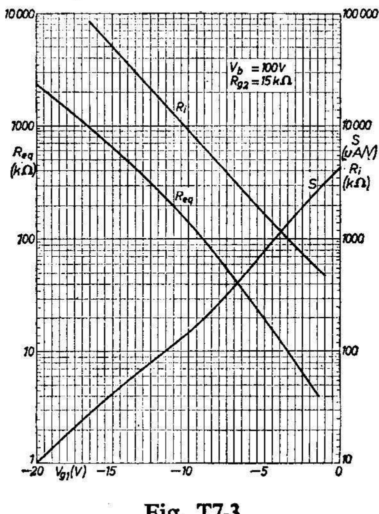


Fig. T7-3

ESQUEMA DEL MONTAJE

En la figura T7-4 se presenta el esquema de la práctica que se propone.

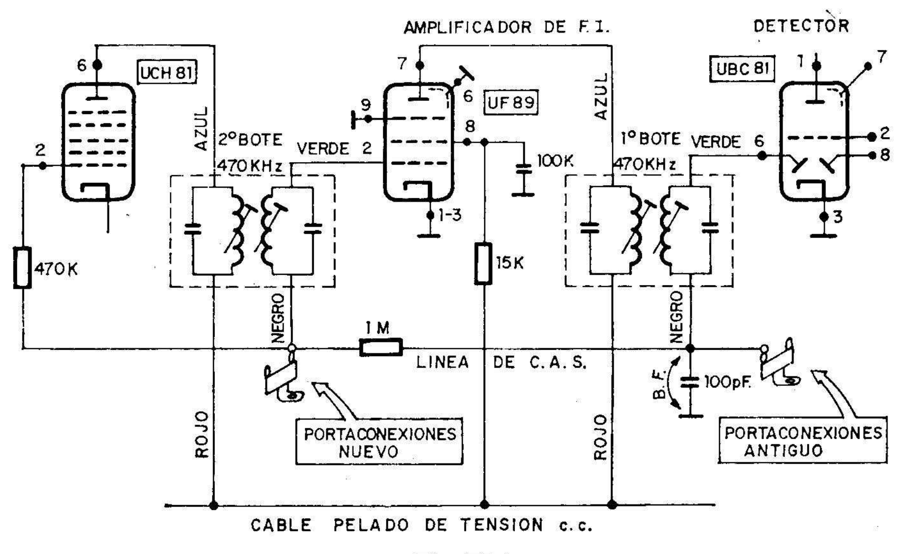


Fig. T7-4

En el esquema de esta práctica hay dos circuitos que no corresponden al amplificador de F.I., que aún no han sido estudiados en teoría (se explicarán en el tomo siguiente) y que se han añadido ahora porque son muy simples y entran a formar parte indirecta con el amplificador de F.I.; dichos circuitos son la etapa detectora, consistente únicamente en la conexión a uno de los ánodos de la UBC 81 (sección doble diodo) y del circuito del C.A.S. (control automático de sensibilidad). El primero de estos circuitos está formado sólo por la unión del cable verde que sale del primer bote de F.I. a la pata 6 de la UBC 81, y el segundo por un condensador de 100 pF, una resistencia de 1 MΩ y un condensador de 47.000 pF.

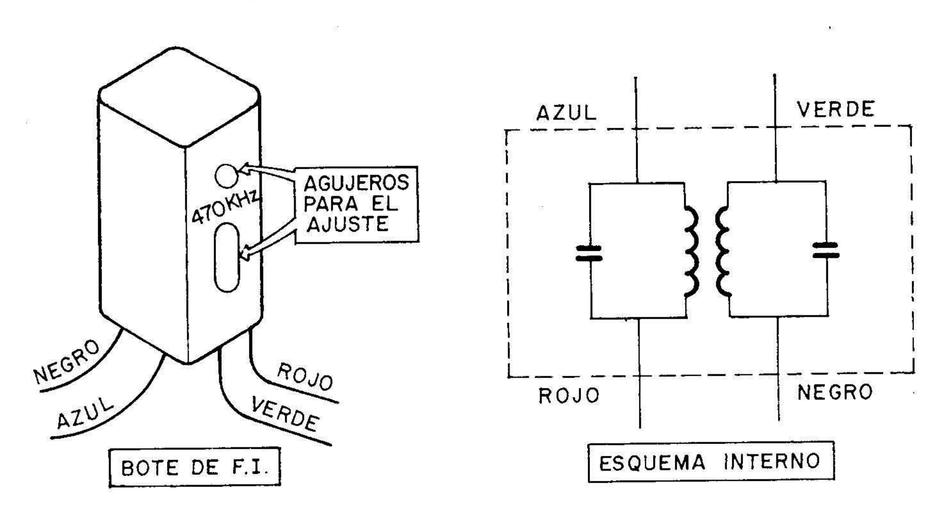


Fig. T7-5

Los dos transformadores, sintonizados a 470 KHz, frecuencia en la que trabaja esta etapa, situados delante y detrás de la UF 89, están rodeados en el esquema por una línea de trazos, indicadora de que tanto el primario como el secundario de cada uno están contenidos en un bote metálico de aluminio atornillado al chasis y completamente cerrado, con excepción de dos agujeros frente a los núcleos de las bobinas, por si se precisase retocar su posición. Los cuatro cables que salen de estos transformadores blindados, llamados comúnmente «botes», tienen un color distinto para diferenciarlos: rojo, verde, negro y azul, como se indica en la figura T7-5.

MONTAJE PRACTICO

El orden lógico de las fases de esta práctica se enumera a continuación, proponiendo en el 5.° desplegable al final del libro el esquema total, un plano con la posición de los componentes y una foto de detalle, en la figura T7-6 (ver en lámina aparte).

Fases de montaje: (Atornillar los dos botes de F.I. en sus correspondientes orificios).

1.ª) Soldar el cable verde del primer bote de F.I., situado entre la UBC 81 y la UF 89, a la patita 6 de la UBC 81.

2.ª) Soldar el cable negro del primer bote con la patita del portaconexiones que está unida a un terminal del FONO.

3.ª) Colocar un condensador de 100 ó 120 pF desde el terminal del portaconexiones unido al FONO y una toma de masa, o entre la dos patas del FONO.

4.ª) Soldar el cable rojo del primer bote con el cable pelado que distribuye la tensión continua.

5.ª) Soldar el cable azul del primer bote a la patita 7 de la UF 89.

6.ª) Unir con cable pelado los dos agujeritos de la chimenea de la UF 89 a masa, y a continuación doblar las patitas 1, 3, 6 y 9 de la UF 89 hasta que toquen la chimenea, soldándolas a ella.

7.ª) Conectar una resistencia de 15 KΩ, 1 W, desde la patita 8 de la UF 89 hasta el cable pelado de c.c.

8.ª) Colocar un condensador de 0,1 μF, procurando que vaya a ras del chasis y alejado de los otros componentes, desde la patita 8 de la UF-89 hasta la toma de masa de dicha válvula.

9.ª) Soldar el cable verde del segundo bote, que está situado y atornillado entre la UF 89 y la UCH 81, con la patita 2 de la UF 89.

10.ª) Soldar el cable rojo del segundo bote con el cable pelado de distribución de la c.c.

11.ª) Soldar el cable azul del segundo bote a la patita 6 de la UCH 81.

12.ª) Poner un portaconexiones en la guía izquierda y tornillo del mismo lado del segundo bote, según se detalla de la figura T7-7.

13.ª) Colocar el hilo negro del segundo bote en uno de los dos terminales del portaconexiones nuevo, preferiblemente en el que queda más cerca de la pared del chasis (no soldar aún).

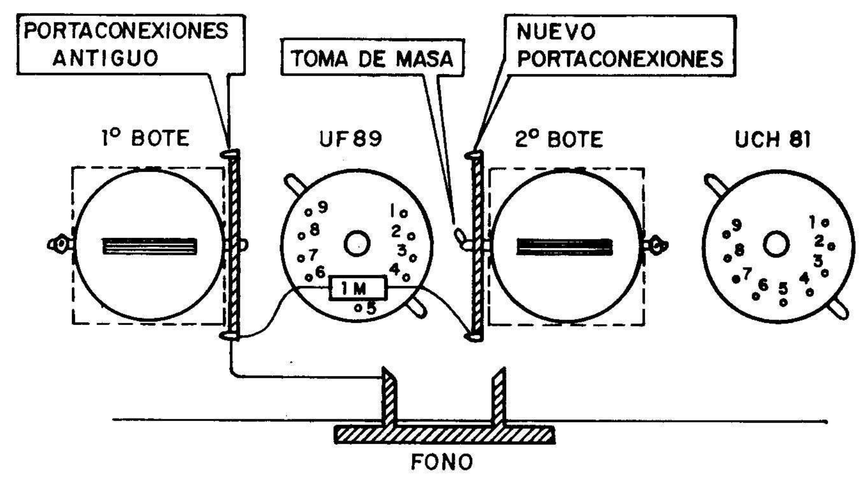


Fig. T7-7

14.ª) Conectar una resistencia de 1 MΩ, 1/2 W, desde el terminal del portaconexiones viejo (el de los cables blindados) unido con el FONO, hasta la pata antes usada del portaconexiones nuevo (no soldar aún).

15.ª) Colocar un condensador de 47.000 pF entre la pata usada del portaconexiones nuevo (no soldar) y una toma de masa.

16.ª) Incluir una resistencia de 470 KΩ entre la patita 2 de la UCH 81 y el terminal del nuevo portaconexiones, pudiéndose soldar ya los cuatro terminales que llegan a esta pata. La línea del C.A.S. que se forma en esta pata del portaconexiones aplica una tensión negativa variable a las rejillas de control de la UF 89 y la UCH 81, que al ser ambas de μ variable amplifican más o menos, de acuerdo con el nivel de la señal de entrada y con objeto de mantener el mismo nivel de volumen en el altavoz. Más adelante se estudiará detalladamente el funcionamiento del C.A.S.

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Tocando con un generador de F.I. la patita 2, o sea, la rejilla de control de la UF 89 y con el volumen al máximo deberá oírse en el altavoz un silbido propio del generador que se utilice.

Apéndices

APENDICE I

CARACTERISTICAS DE LAS VALVULAS AMPLIFICADORAS

po aplicación	$V_f(V)$ $I_f\ (A)$	Características			Valores límite	Conexiones base
BC3 oble diodo iodo	6,3 0,2	*Típicas (triodo)* V_a=200 V V_g=−4,3 V	 I_a=4 mA S=2 mA/V	 R_i=15 kΩ μ =30	W_a=1,5 W I_k =10 mA V_{kf}=75 V	EBC3 P
BC41 oble diodo iodo	6,3 0,23	*Típicas (triodo)* V_a=250 V V_g=−3 V	 I_a=1 mA S=1,2 mA/V	 R_i =58 kΩ μ =70 R_{eq}.= <150 kΩ	W_a=0,5 W I_k =5 mA V_{kf}=100 V	EBC41 rimlock
BC81 oble diodo iodo	6,3 0,23	*Típicas (triodo)* V_a=250 V V_g=−3 V *Trabajo (triodo)* V_b=250 V R_a=22 kΩ R_k=1,8 Ω	 I_a=1 mA S=1,2 mA/V R_g =1 MΩ R_g'=0,68 MΩ	 R_i =58 kΩ μ =70 R_{eq}.= <150 kΩ I_a =0,7 mA V_o/V_i=51	W_a=0,5 W I_k =5 mA V_{kf}=100 V	EBC81 noval
BF2 entodo end. variable oble diodo	6,3 0,2	*Típicas (pentodo)* V_a=V_b=250 V V_{g1}=−2 V R_{g2}=95 kΩ	 I_a =5 mA I_{g2}=1,6 mA	 S =5 mA R_i=1,3 MΩ	W_a=1,5 W I_k =10 mA V_{kf}=75 V	EBF2 P
BF80 entodo end. variable oble diodo	6,3 0,3	*Típicas (pentodo)* V_a =V_b=250 V V_{g1}=−2 V G_{g3}= 0 V R_{g2}=95 kΩ *Trabajo (pentodo)* V_b =250 V R_a =0,22 MΩ R_{g2}=0,82 MΩ	 I_a =5 mA I_{g2}=1,75 mA S =2,2 mA/A R_{g1} =1 MΩ R_{g1}'=0,68 MΩ R_k =1,8 kΩ	 R_i =1,4 MΩ μ_{g2g1}=18 R_{eq}. =6,8 kΩ I_{g2} =0,3 mA I_a =0,75 mA V_o/V_i=110	W_a=1,5 W I_k =10 mA V_{kf}=75 V	EBF80 noval

APENDICE I

CARACTERISTICAS DE LAS VALVULAS AMPLIFICADORAS

Tipo y aplicación	$V_f(V)$ $I_f(A)$	*Características*			*Valores límite*	*Conexiones base*
EBC3 Doble diodo triodo	6,3 0,2	*Típicas (triodo)* V_a=200 V V_g=−4,3 V	 I_a=4 mA S=2 mA/V	 R_i=15 kΩ μ =30	W_a=1,5 W I_k =10 mA V_{kf}=75 V	EBC3 P
EBC41 Doble diodo triodo	6,3 0,23	*Típicas (triodo)* V_a=250 V V_g=−3 V	 I_a=1 mA S=1,2 mA/V	 R_i =58 kΩ μ =70 R_{eq}.=<150 kΩ	W_a=0,5 W I_k =5 mA V_{kf}=100 V	EBC41 rimlock
EBC81 Doble diodo triodo	6,3 0,23	*Típicas (triodo)* V_a=250 V V_g=−3 V *Trabajo (triodo)* V_b=250 V R_a=22 kΩ R_k=1,8 Ω	 I_a=1 mA S=1,2 mA/V R_g =1 MΩ R_g'=0,68 MΩ	 R_i =58 kΩ μ =70 R_{eq}.=<150 kΩ I_a =0,7 mA V_o/V_i=51	W_a=0,5 W I_k =5 mA V_{kf}=100 V	EBC81 noval
EBF2 Pentodo pend. variable Doble diodo	6,3 0,2	*Típicas (pentodo)* V_a=V_b=250 V V_{g1}=−2 V R_{g2}=95 kΩ	 I_a =5 mA I_{g2}=1,6 mA	 S =5 mA R_i=1,3 MΩ	W_a=1,5 W I_k =10 mA V_{kf}=75 V	EBF2 P
EBF80 Pentodo pend. variable Doble diodo	6,3 0,3	*Típicas (pentodo)* V_a =V_b=250 V V_{g1}=−2 V G_{g3}= 0 V R_{g2}=95 kΩ *Trabajo (pentodo)* V_b =250 V R_a =0,22 MΩ R_{g2}=0,82 MΩ	 I_a =5 mA I_{g2}=1,75 mA S =2,2 mA/A R_{g1} =1 MΩ R_{g1}'=0,68 MΩ R_k =1,8 kΩ	 R_i =1,4 MΩ μ_{g2g1}=18 R_{eq}. =6,8 kΩ I_{g2} =0,3 mA I_a =0,75 mA V_o/V_i=110	W_a=1,5 W I_k =10 mA V_{kf}=75 V	EBF80 noval

Tipo y aplicación	V_f(V) I_f(A)	Características			Valores límite	Conexiones base
		Típicas				
EF85	6,3	$V_a = V_b = 250$ V	$I_a = 10$ mA	$R_i = 0{,}6$ MΩ	$W_a = 2{,}5$ W	EF85 noval
Pentodo	0,3	$R_{g2} = 60$ kΩ	$I_{g2} = 2{,}5$ mA	$\mu_{g2g1} = 26$	$I_k = 15$ mA	
pend. variable		$V_{g3} = 0$ V	$S = 6$ mA/V	$R_{eq.} = 1{,}4$ kΩ	$V_{kf} = 150$ V	
banda ancha		$V_{g1} = -2$ V				
		Trabajo				
EF86	6,3	$V_b = 250$ V	$R_k = 1$ kΩ	$V_o = 50\ V_{rms}$	$W_a = 1$ W	EF86 noval
Pentodo B.F.	0,2	$R_a = 0{,}1$ MΩ	$R_{g1} = 0{,}33$ MΩ	$V_o/V_i = 123$	$I_k = 6$ mA	
		$R_{g2} = 0{,}39$ MΩ	$I_k = 2$ mA	$d_{tot} = 5$ %	$V_{kf} = 100$ V	
		Típicas				
EF89	6,3	$V_a = V_b = 250$ V	$V_{g1} = -2$ V	$S = 3{,}5$ mA/V	$W_a = 2{,}25$ W	EF89 noval
Pentodo	0,2	$R_{g2} = 50$ kΩ	$I_a = 9$ mA	$R_i = 0{,}9$ MΩ	$I_k = 16{,}5$ mA	
pend. variable		$V_{g3} = 0$ V	$I_{g2} = 3$ mA	$R_{eq.} = 4{,}2$ kΩ	$V_{kf} = 100$ V	
		Típicas				
EF91	6,3	$V_a = 250$ V	$I_a = 10$ mA	$R_i = 1$ MΩ	$W_a = 2{,}5$ W	EF91 miniatura
Pentodo	0,3	$V_{g2} = 250$ V	$I_{g2} = 2{,}55$ mA	$\mu_{g2g1} = 70$	$I_k = 15$ mA	
pend. fija		$V_{g3} = 0$ V	$S = 7{,}6$ mA/V	$R_{eq.} = 1{,}2$ kΩ	$V_{kf} = 150$ V	
		$V_{g1} = -2$ V				
		Típicas				
EF183	6,3	$V_a = 200$ V	$V_{g1} = -2$ V	$S = 12{,}5$ mA/V	$W_a = 2{,}5$ W	EF183 noval
Pentodo	0,3	$V_{g2} = 90$ V	$I_a = 12$ mA	$R_i = 0{,}5$ MΩ	$I_k = 20$ mA	
pend. variable		$V_{g3} = 0$ V	$I_{g2} = 4{,}5$ mA	$R_{eq.} = 490$ Ω	$V_{kf} = 150$ V	
		Trabajo clase A				
EL84	6,3	$V_a = 250$ V	$I_{g2} = 5{,}5$ mA	$R_a = 5{,}2$ kΩ	$W_a = 12$ W	EL84 noval
Pentodo	0,76	$V_{g2} = 250$ V	$S = 11{,}3$ mA/A	$W_o = 5{,}7$ W	$I_k = 65$ mA	
salida B.F.		$R_k = 135$ Ω	$R_i = 38$ kΩ	$V_i = 4{,}3\ V_{rms}$	$V_{kf} = 100$ V	
		$I_a = 48$ mA	$\mu_{g2g1} = 19$	$d_{tot} = 10$ %		
		Clase B				
		$V_a = 300$ V	$I_a = 2 \times 7{,}5$ mA	$I_{g2} = 2 \times 7{,}5$ mA		
		$V_{g2} = 300$ V	$I_{g2} = 2 \times 0{,}8$ mA	a $V_i = 10\ V_{rms}$		
		$V_{g1} = -14{,}7$ V	a $V_i = 0$ V	$W_o = 17$ W		
		$R_{aa\sim} = 8$ kΩ	$I_a = 2 \times 46$ mA	$d_{tot} = 4$ %		
		Trabajo clase A				
EL86	6,3	$V_b = 200$ V	$R_{a\sim} = 2{,}5$ kΩ	$V_i = 7\ V_{rsm}$	$W_a = 12$ W	EL86 noval
Pentodo salida	0,76	$R_{g2} = 470$ Ω	$I_a = 64$ mA	$W_o = 5{,}3$ W	$I_k = 100$ mA	
cuadro y B.F.		$R_k = 215$ Ω	$I_{g2} = 11{,}4$ mA	$d_{tot} = 10$ %	$V_{kf} = 200$ V	
		Clase AB				
		$V_{ba} = 250$ V	$I_a = 2 \times 50$ mA	$I_{g2} = 2 \times 13$ mA		
		$V_{bg2} = 200$ V	$I_{g2} = 2 \times 2$ mA	a $V_i = 13\ V_{rms}$		
		$R_k = 150$ Ω	a $V_i = 0$ V	$W_o = 18{,}5$ W		
		$R_{aa\sim} = 5{,}5$ kΩ	$I_a = 2 \times 55$ mA	$d_{tot} = 4{,}5$ %		

...po ...aplicación	$V_f(V)$ $I_f(A)$	Características			Valores límite	Conexiones base
		Trabajo clase A				
...91	6,3	V_a =250 V	I_a =16 mA	W_o =1,4 W	W_a=4 W	EL91 miniatura
...ntodo	0,2	V_{g2}=250 V	I_{g2}=2,4 mA	V_i =5,3 V_{rms}	I_k =25 mA	
...ida B.F.		R_k =740 Ω	R_a=16 kΩ	d_{tot}=10 %	$V_{+k/-f}$=150 V	
		Típicas				
...900	3,9	V_a=135 V	V_{g1}=−1 V	S=14,5 mA/V	W_a=2,2 W	PC900 miniatura
...odo V.H.F.	0,3	V_s= 0 V	I_a =11,5 mA	μ=76	I_k =20 mA	
					V_{kf}=100 V	
		Trabajo				
		V_{ba}=135 V	R_k=0 Ω	S=20 mA/V		
		V_s = 0 V	I_a =16,5 mA	μ=84		
		R_a =1,5 kΩ	I_g =20 μA			
		Típicas (pentodo)				
...F80	9,0	V_a =170 V	I_a =10 mA	R_i =0,4 MΩ	W_a=1,7 W	PCF80 noval
...odo-	0,3	V_{g2}=170 V	I_{g2}=2,8 mA	μ_{g2g1}=47	I_k =14 mA	
...ntodo		V_{g1}=−2 V	S =6,2 mA/V	R_{eq}. =1,5 kΩ	V_{+k-f}=200 V	
		Conversor de frecuencia (pentodo)				
		V_a =170 V	R_k =330 Ω	I_{g2}=2 mA		
		V_{g2} =170 V	R_{g1}=0,1 MΩ	I_{g1}=20μA		
		V_{osc}=3,5 V_{rms}	I_a =6,5 mA	S_c=2,2 mA/V		
		Típicas (triodo)				
		V_a=100 V	I_a=14 mA	R_i=4 kΩ	W_a=1,5 W	
		V_g=−2 V	S=5 mA/V	μ =20	I_k =14 mA	
		Típicas (pentodo)				
...F802	9,0	V_a =100 V	I_a =100 V	R_i =0,4 MΩ	W_a=1,2 W	PCF802 noval
...odo-	0,3	V_{g2}=100 V	I_{g2}=1,7 mA	μ_{g2g1}=47	I_k =15 mA	
...ntodo		V_{g1}=−1 V	S =5,5 mA/A		V_{kf}=100 V	
		Típicas (triodo)				
		V_a=200 V	I_a=3,5 mA	R_i =20 kΩ	W_a=1,4 W	
		V_g=−2 V	S=3,5 mA/V	μ_{g2g1}=70	I_k =10 mA	
		Típicas (heptodo)				
...H200	8,5	V_a =14 V	V_a =14 V	V_a=14 V	W_a=0,5 W	PCH200 decal
...odo-	0,3	$V_{g2,g4}$=14 V	$V_{g2,g4}$=14 V	$V_{g2,g4}$=14 V	I_k =8 mA	
...ptodo		V_{g3} = 0 V	V_{g3} = 0 V	V_{g3}=−1,8 V(<2.2)	V_{kf}=100 V	
		V_{g1} = 0 V	V_{g1} =−1,8 V	V_{g1}=0 V		
		I_a =1,5 mA	I_a =20 μA	I_a =20 μA		
		I_{g2} =1,3 mA				
		Típicas (triodo)				
		V_a=100 V	S=8,8 mA/V	V_a=200 V	W_a=1,5 W	
		V_g=−1 V	μ=50	V_g=−7 V (<11)	I_k =20 mA	
		I_a =9 mA				

Tipo y aplicación	V_f(V) I_f(A)	Características	Valores límite	Conexiones base
EF85 Pentodo pend. variable banda ancha	6,3 0,3	*Típicas* $V_a=V_b=250$ V; $I_a=10$ mA; $R_i=0,6$ MΩ $R_{g2}=60$ kΩ; $I_{g2}=2,5$ mA; $\mu_{g2g1}=26$ $V_{g3}=0$ V; $S=6$ mA/V; $R_{eq.}=1,4$ kΩ $V_{g1}=-2$ V	$W_a=2,5$ W $I_k=15$ mA $V_{kf}=150$ V	EF85 noval
EF86 Pentodo B.F.	6,3 0,2	*Trabajo* $V_b=250$ V; $R_k=1$ kΩ; $V_o=50$ V_{rms} $R_a=0,1$ MΩ; $R_{g1}=0,33$ MΩ; $V_o/V_i=123$ $R_{g2}=0,39$ MΩ; $I_k=2$ mA; $d_{tot}=5$ %	$W_a=1$ W $I_k=6$ mA $V_{kf}=100$ V	EF86 noval
EF89 Pentodo pend. variable	6,3 0,2	*Típicas* $V_a=V_b=250$ V; $V_{g1}=-2$ V; $S=3,5$ mA/V $R_{g2}=50$ kΩ; $I_a=9$ mA; $R_i=0,9$ MΩ $V_{g3}=0$ V; $I_{g2}=3$ mA; $R_{eq.}=4,2$ kΩ	$W_a=2,25$ W $I_k=16,5$ mA $V_{kf}=100$ V	EF89 noval
EF91 Pentodo pend. fija	6,3 0,3	*Típicas* $V_a=250$ V; $I_a=10$ mA; $R_i=1$ MΩ $V_{g2}=250$ V; $I_{g2}=2,55$ mA; $\mu_{g2g1}=70$ $V_{g3}=0$ V; $S=7,6$ mA/V; $R_{eq.}=1,2$ kΩ $V_{g1}=-2$ V	$W_a=2,5$ W $I_k=15$ mA $V_{kf}=150$ V	EF91 miniatura
EF183 Pentodo pend. variable	6,3 0,3	*Típicas* $V_a=200$ V; $V_{g1}=-2$ V; $S=12,5$ mA/V $V_{g2}=90$ V; $I_a=12$ mA; $R_i=0,5$ MΩ $V_{g3}=0$ V; $I_{g2}=4,5$ mA; $R_{eq.}=490$ Ω	$W_a=2,5$ W $I_k=20$ mA $V_{kf}=150$ V	EF183 noval
EL84 Pentodo salida B.F.	6,3 0,76	*Trabajo clase A* $V_a=250$ V; $I_{g2}=5,5$ mA; $R_a=5,2$ kΩ $V_{g2}=250$ V; $S=11,3$ mA/A; $W_o=5,7$ W $R_k=135$ Ω; $R_i=38$ kΩ; $V_i=4,3$ V_{rms} $I_a=48$ mA; $\mu_{g2g1}=19$; $d_{tot}=10$ % *Clase B* $V_a=300$ V; $I_a=2\times7,5$ mA; $I_{g2}=2\times7,5$ mA $V_{g2}=300$ V; $I_{g2}=2\times0,8$ mA; a $V_i=10$ V_{rms} $V_{g1}=-14,7$ V; a $V_i=0$ V; $W_o=17$ W $R_{aa\sim}=8$ kΩ; $I_a=2\times46$ mA; $d_{tot}=4$ %	$W_a=12$ W $I_k=65$ mA $V_{kf}=100$ V	EL84 noval
EL86 Pentodo salida cuadro y B.F.	6,3 0,76	*Trabajo clase A* $V_b=200$ V; $R_{a\sim}=2,5$ kΩ; $V_i=7$ V_{rsm} $R_{g2}=470$ Ω; $I_a=64$ mA; $W_o=5,3$ W $R_k=215$ Ω; $I_{g2}=11,4$ mA; $d_{tot}=10$ % *Clase AB* $V_{ba}=250$ V; $I_a=2\times50$ mA; $I_{g2}=2\times13$ mA $V_{bg2}=200$ V; $I_{g2}=2\times2$ mA; a $V_i=13$ V_{rms} $R_k=150$ Ω; a $V_i=0$ V; $W_o=18,5$ W $R_{aa\sim}=5,5$ kΩ; $I_a=2\times55$ mA; $d_{tot}=4,5$ %	$W_a=12$ W $I_k=100$ mA $V_{kf}=200$ V	EL86 noval

Tipo y aplicación	V_f(V) I_f(A)	Características	Valores límite	Conexiones base
EL91 Pentodo salida B.F.	6,3 0,2	*Trabajo clase A* $V_a=250$ V; $I_a=16$ mA; $W_o=1,4$ W $V_{g2}=250$ V; $I_{g2}=2,4$ mA; $V_i=5,3$ V_{rms} $R_k=740$ Ω; $R_a=16$ kΩ; $d_{tot}=10$ %	$W_a=4$ W $I_k=25$ mA $V_{+k/-f}=150$ V	EL91 miniatura
PC900 Triodo V.H.F.	3,9 0,3	*Típicas* $V_a=135$ V; $V_{g1}=-1$ V; $S=14,5$ mA/V $V_s=0$ V; $I_a=11,5$ mA; $\mu=76$ *Trabajo* $V_{ba}=135$ V; $R_k=0$ Ω; $S=20$ mA/V $V_s=0$ V; $I_a=16,5$ mA; $\mu=84$ $R_a=1,5$ kΩ; $I_g=20$ µA	$W_a=2,2$ W $I_k=20$ mA $V_{kf}=100$ V	PC900 miniatura
PCF80 Triodo-pentodo	9,0 0,3	*Típicas (pentodo)* $V_a=170$ V; $I_a=10$ mA; $R_i=0,4$ MΩ $V_{g2}=170$ V; $I_{g2}=2,8$ mA; $\mu_{g2g1}=47$ $V_{g1}=-2$ V; $S=6,2$ mA/V; $R_{eq.}=1,5$ kΩ *Conversor de frecuencia (pentodo)* $V_a=170$ V; $R_k=330$ Ω; $I_{g2}=2$ mA $V_{g2}=170$ V; $R_{g1}=0,1$ MΩ; $I_{g1}=20$µA $V_{osc}=3,5$ V_{rms}; $I_a=6,5$ mA; $S_c=2,2$ mA/V *Típicas (triodo)* $V_a=100$ V; $I_a=14$ mA; $R_i=4$ kΩ $V_g=-2$ V; $S=5$ mA/V; $\mu=20$	$W_a=1,7$ W $I_k=14$ mA $V_{+k-f}=200$ V $W_a=1,5$ W $I_k=14$ mA	PCF80 noval
PCF802 Triodo-pentodo	9,0 0,3	*Típicas (pentodo)* $V_a=100$ V; $I_a=100$ V; $R_i=0,4$ MΩ $V_{g2}=100$ V; $I_{g2}=1,7$ mA; $\mu_{g2g1}=47$ $V_{g1}=-1$ V; $S=5,5$ mA/A *Típicas (triodo)* $V_a=200$ V; $I_a=3,5$ mA; $R_i=20$ kΩ $V_g=-2$ V; $S=3,5$ mA/V; $\mu_{g2g1}=70$	$W_a=1,2$ W $I_k=15$ mA $V_{kf}=100$ V $W_a=1,4$ W $I_k=10$ mA	PCF802 noval
PCH200 Triodo-heptodo	8,5 0,3	*Típicas (heptodo)* $V_a=14$ V; $V_a=14$ V; $V_a=14$ V $V_{g2,g4}=14$ V; $V_{g2,g4}=14$ V; $V_{g2,g4}=14$ V $V_{g3}=0$ V; $V_{g3}=0$ V; $V_{g3}=-1,8$ V(<2.2) $V_{g1}=0$ V; $V_{g1}=-1,8$ V; $V_{g1}=0$ V $I_a=1,5$ mA; $I_a=20$ µA; $I_a=20$ µA $I_{g2}=1,3$ mA *Típicas (triodo)* $V_a=100$ V; $S=8,8$ mA/V; $V_a=200$ V $V_g=-1$ V; $\mu=50$; $V_g=-7$ V (<11) $I_a=9$ mA	$W_a=0,5$ W $I_k=8$ mA $V_{kf}=100$ V $W_a=1,5$ W $I_k=20$ mA	PCH200 decal

Tipo y aplicación	V_f(V) I_f(A)	Características			Valores límite	Conexiones base
		Trabajo calse A (pentodo)				
PCL82	16	$V_{ba}=V_{bg2}=230$ V	$I_a=30$ mA	$I_{g2}=11$ mA	$W_a=7$ W	
Triodo-	0,3	$R_{g2}=1,2$ kΩ	$I_{g2}=6,6$ mA	a $V_i=7,8$ V_{rms}	$I_k=50$ mA	
pentodo salida		$R_k=490$ Ω	a $V_i=0$ V	$W_a=3,25$ W	$V_{kf}=200$ V	
		$R_{a\sim}=$ 6 kΩ	$I_a=31$ mA	$d_{tot}=10$ %		
		Trabajo (triodo)				
		$V_b=200$ V	$R_g=3$ MΩ	$V_o/V_i=52$	$W_a=1$ W	
		$R_a=220$ kΩ	$R_g'=0,68$ MΩ	V_o =<26 V_{rms}	$I_k=15$ mA	
		$R_k=2,2$ kΩ		$d_{tot}=1,6$ %		
		$R_s=0,22$ MΩ				
		Trabajo (pentodo)				
PCL84	15	$V_b=220$ V	$V_{g1}=-3,3$ V	$I_{g2}=3,1$ mA	$W_a=4$ W	
Triodo-	0,3	$V_{g2}=220$ V	$I_a=18$ mA	$S=9,7$ mA/V	$I_k=40$ mA	
pentodo		$R_a=$ 3 kΩ			$V_{kf}=200$ V	
salida vídeo						
		Típicas (triodo)				
		$V_a=200$ V	$I_a=3$ mA	$\mu=65$	$W_a=1$ W	
		$V_g=1,7$ V	$S=4$ mA/V		$I_k=12$ mA	
		Trabajo (pentodo)				
PCL85	17,5	$V_a=$ 50 V	$V_{g1}=-1$ V	$I_{g2p}=35$ mA	$W_a=8$ W	
PCL805	0,3	$V_{g2}=170$ V	$I_{ap}=200$ mA		$I_k=75$ mA	
Triodo-					$V_{kf}=200$ V	
-pentodo		*Típicas (triodo).*				
salida cuadro		$V_a=100$ V	$I_a=10,5$ mA	$R_i=9$ kΩ	$W_a=0,5$ W	
		$V_g=$ 0 V	$S=7$ mA/V	$\mu=63$	$I_k=15$ mA	
		Trabajo clase A (pentodo)				
PCL86	13,3	$V_a=$ =230 V	$I_a=39$ mA	$I_{g2}=10,5$ mA	$W_a=9$ W	
Triodo-	0,3	$V_{g2}=230$ V	$I_{g2}=230$ V	a $V_i=3,6$ V_{rms}	$I_k=55$ mA	
pentodo salida		$R_k=125$ Ω	a $V_i=0$ V	$W_o=4,1$ W	$V_{kf}=100$ V	
		$R_{a\sim}=5,1$ kΩ	$I_a=40,7$ mA	$d_{tot}=10$ %		
		Trabajo (triodo)				
		$V_b=200$ V	$R_g'=680$ kΩ	$V_o/V_i=66$	$W_a=0,5$ W	
		$R_a=220$ kΩ	$I_a=0,42$ mA	$d_{tot}=0,6$ %	$I_k=4$ mA	
		$R_k=2,6$ kΩ	$V_o=3,2$ V_{rms}			
		Típicas (pentodo)				
PCF801	8,5	$V_a=170$ V	$I_a=10$ mA	R_i =>350 kΩ	$W_a=2$ W	
Triodo-	0,3	$V_{g2}=120$ V	$I_{g2}=$ 3 mA	$\mu_{g2g1}=55$	$I_k=18$ mA	
-pentodo		$V_{g1}=-1,4$ V	$S=11$ mA/V		$V_{kf}=100$ V	

po aplicación	V_f(V) I_f (A)	*Características*			*Valores límite*	*Conexiones base*
		Conversor de frecuencia (pentodo)				
CF801 ontinuación)		V_{ba} = 200 V	R_a = 2,7 kΩ	I_{g2} = 3 mA		
		V_{bg2} = 200 V	R_{g2} = 27 kΩ	I_{g1} = 8 μA		
		V_{osc} = 1,6 V_{rms}	R_{g1} = 0,1 MΩ	S_c = 5 mA/V		
		V_{bg1} = −1,4 V	I_a = 10 mA			
		Típicas (triodo)				
		V_a = 100 V	I_a = 15 mA	R_i = 2,2 kΩ	W_a = 1,5 W	
		V_g = −3 V	S = 9 mA/V	μ = 2,2 kΩ	I_k = 20 mA	
		Trabajo clase AB				
.84 entodo salida adro y B.F.	15 0,3	V_{ba} = 230 V	I_a = 2×56 mA	I_{g2} = 2×17,5 mA	W_a = 12 W	PL84 noval
		V_{bg2} = 200 V	I_{g2} = 2×2,3 mA	a V_i = 14,6 V_{rms}	I_k = 100 mA	
		R_k = 130 Ω	a V_i = 0 V	W_o = 17,5 W	V_{kf} = 200 V	
		$R_{aa\sim}$ = 4 kΩ	I_a = 2×61 mA	d_{tot} = 5,4 %		
		Típicas (dinámicas)				
.500 entodo lida línea	27 0,3	V_a = 50 V	V_{g1} = −10 V	I_{g2p} = 37 mA	W_a = 12 W	PL500 magnoval
		V_{g2} = 200 V	I_{ap} = 420 mA		W_{g2} = 4 W	
					I_k = 250 mA	
					V_{kf} = 220 V	
		Típicas (dinámicas)				
.504 entodo lida línea	27 0,3	V_a = 50 V	V_{g1} = −10 V	I_{g2p} = 37 mA	W_a = 16 W	PL504 magnoval
		V_{g2} = 200 V	I_{ap} = 420 mA		W_{g2} = 4 W	
					I_k = 250 mA	
					V_{kf} = 220 V	
		Límite				
Y88 odo cuperador	30 0,3	V_{bo} = ≤550 V	I_a = ≤220 mA	V_{kfp} = 6,6 kV		PY88 noval
		V_b = ≤250 V	I_{ap} = ≤550 mA	R_s = ≥80Ω		
		W_a = ≤ 5 W	V_{ap} = ≤6 kV	V_f/masa < 220 V_{rms}		
		Típicas y límite				
Y500 odo cuperador	42 0,3	R_t = 45,5 Ω at	W_a = ≤11 W	$-V_{ap}$ = 5,6 kV		PY500 magnoval
		C_{kf} = 3,7 pF	I_a = ≤440 mA	V_{kfp} = 6,3 kV		
		C_{ak} = 13 pF	I_{ap} = ≤800 mA	R_s = ≥100 Ω		
		Típicas (triodo)				
BC41 oble diodo iodo	14 0,1	V_a = 170 V	I_a = 1,5 mA	R_i = 42 kΩ	W_a = 0,5 W	UBC41 rimlock
		V_g = −1,55 V	S = 1,65 mA/V	μ = 70	I_k = 5 mA	
					V_{kf} = 150 V	

Tipo y aplicación	V_f(V) I_f (A)	Características	Valores límite	Conexiones base
UBC81 Doble diodo triodo	14 0,1	*Típicas (triodo)* V_a= 170 V I_a=1,5 mA R_i=42 kΩ V_g=−1,55 V S=1,65 mA/V μ =70 *Trabajo (triodo)* V_b=170 V R_g = 1 MΩ I_a =0,45 mA R_a=0,1 MΩ R_g'=0,33 MΩ V_o/V_i=37 R_k=3,9 kΩ	W_a=0,5 W I_k =5 mA V_{kf}=150 V	UBC81 noval
UCH81 Triodo--heptodo	19 0,1	*Conversor de frecuencia (heptodo)* V_b =170 V I_a =3,3 mA S_c =1,1 mA/V R_{g2+g4}=10 kΩ I_{g2+g4}=8,2 mA R_i =0,8 MΩ R_{gT+g3}=47 kΩ I_{gT+g3}=0,2 mA $R_{eq.}$=30 kΩ I_{g1} =0,5 μA [1] *Trabajo (heptodo)* V_b =170 V I_a = 8 mA R_i =0,4 MΩ R_{g2+g4}=18 kΩ I_{g2+g4}= 5 mA ${}_{g2g1}$=25 V_{g3} = 0 V S =3,9 mA/V $R_{eq.}$=4 kΩ I_{g1} =0,5 μA [1] *Oscilador (triodo)* V_b=170 V R_{gT+g3}=45 kΩ I_a =4,5 mA R_a=15 kΩ I_{gT+g3} =0,2 mA S_{eft}=0,65 mA/V	W_a=1,8 W I_k =18 mA V_{kf}=100 V W_a=0,8 W I_k =6,5 mA V_{kf}=100 V	UCH81 noval

[1] R_{g1}=1 MΩ V_{g1}=−0,5 V.

Tipo y aplicación	V_f(V) I_f (A)	Características	Valores límite	Conexiones base
UF89 Pentodo R.F.	12,6 0,1	*Típicas* V_a=V_b=170 V I_a =11 mA R_i =0,45 MΩ R_{g2}=15 kΩ I_{g2}=3,9 mA $R_{eq.}$=4,5 kΩ V_{g3}=0 V S =3,8 mA/V V_{g1}=−1,95 V	W_a=2,25 W I_k =16,5 mA V_{kf}=150 V	UF89 noval
UL41 Pentodo salida B.F.	45 0,1	*Trabajo clase A* V_a =170 V I_{g2} =10 mA R_a =3 kΩ V_{g2}=170 V S =9,5 mA/V V_i =6 V_{rms} V_{g1}=−10,4 V R_i =20 kΩ W_o =4 W I_a =53 mA μ_{g2g1}=10 d_{tot}=10 %	W_a=9 W I_k =75 mA V_{kf}=150 V	UL41 rimlock
UL84 Pentodo salida B.F.	45 0,1	*Trabajo clase A* V_a =170 V I_{g2} =3,5 mA R_a =2 kΩ V_{g2}=170 V S =11 mA/V V_i =6,1 V_{rms} V_{g1}=−12,5 V R_i =26 kΩ W_a =5,1 W I_a =70 mA μ_{g2g1}=8 d_{tot}=10 %	W_a=12 W I_k =100 mA V_{kf}=200 V	UL84 noval

APENDICE II

SOLUCION DE LOS EJERCICIOS PROPUESTOS EN CADA LECCION

LECCION 1.ª

1.ª Pregunta: *c*
2.ª Pregunta: *c*
3.ª Pregunta: *c*
4.ª Pregunta: *b*
5.ª Pregunta: *b*

LECCION 2.ª

1.er PROBLEMA

1.º) El circuito del amplificador preciso será el siguiente:

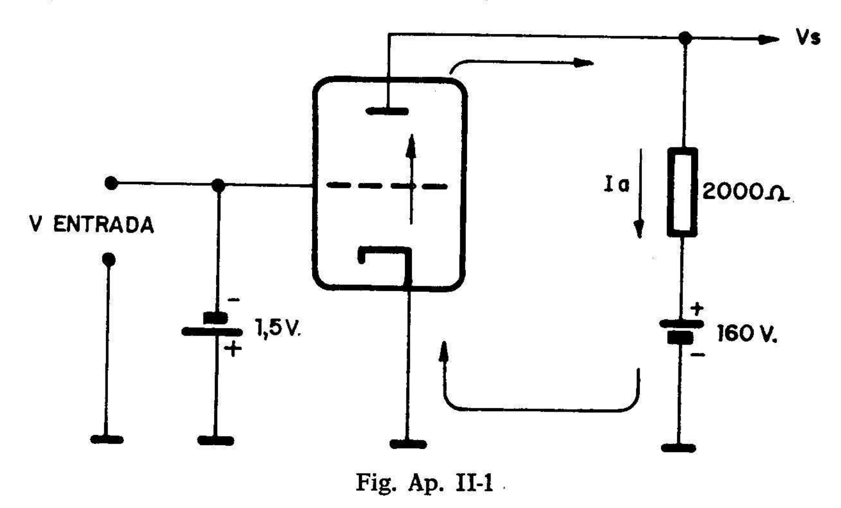


Fig. Ap. II-1

2.º) Se calculan dos puntos de trabajo: uno, cuando la válvula trabaja en reposo; otro, cuando se le aplica a la entrada una señal de + 1 V.

A) Punto de reposo:

$$V_e = 0 \text{ y } V_g = -1{,}5 \text{ V}$$
$$I_a = 10 \text{ mA (curva)}$$
$$V_r = I_a \cdot 2.000 = 0{,}010 \cdot 2.000 = 20 \text{ V.}$$
$$V_a = 160 - V_r = 160 - 20 = 140 \text{ V.}$$

B)

$$V_e = 1 \text{ V} \quad \text{y} \quad V_g = -0{,}5 \text{ V.}$$
$$I_a = 24 \text{ mA (curva)}$$
$$V_r = I_a \cdot 2.000 = 0{,}024 \cdot 2.000 = 48 \text{ V.}$$
$$V_a = 160 - 48 = 112 \text{ V.}$$

$$\text{Amplificación} = \frac{\Delta\, V_a}{\Delta\, V_g} = \frac{140 - 112}{1{,}5 - 0{,}5} = \frac{28}{1} = \textit{28 veces}$$

2.° PROBLEMA:

Para $V_g = 0$ V.		Para $V_g = -2$ V.	
$I_a = 8$	$V_a = 100$	$I_a = 0{,}5$	$V_a = 170$
$I_a = 15{,}5$	$V_a = 170$	$I_a = 4$	$V_a = 170$
$I_a = 18{,}5$	$V_a = 200$	$I_a = 6$	$V_a = 200$
$I_a = 25$	$V_a = 250$	$I_a = 10$	$V_a = 250$

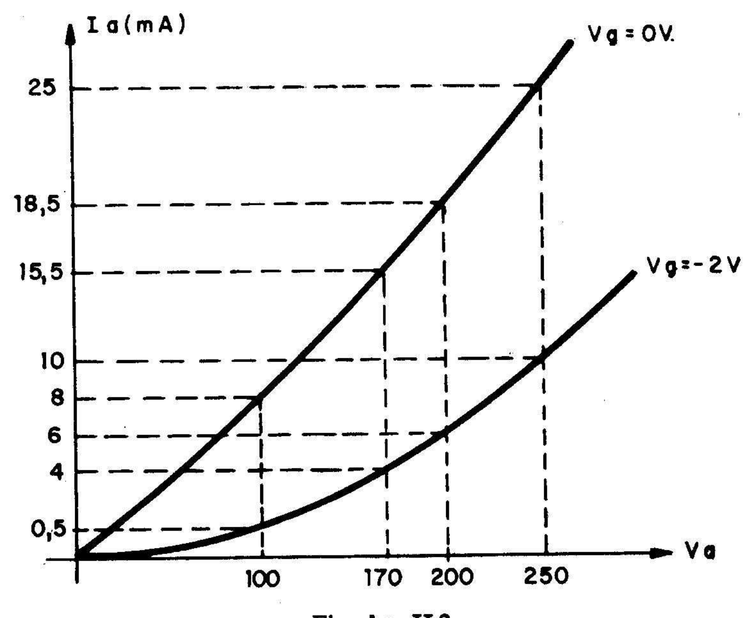


Fig. Ap. II-2

3.er PROBLEMA:

Con la curva de la figura 2-10 se obtienen los siguientes datos:

$$I_a = 10 \text{ mA} \begin{cases} V_a = 200 & V_g = -1{,}2 \text{ V} \\ V_a = 250 & V_g = -2 \quad \text{V} \end{cases}$$

$$\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_a} = \frac{250 - 200}{2 - 1{,}2} = \frac{50}{0{,}8} = \textit{62,5 veces}$$

LECCION 3.ª

1.er PROBLEMA:

a) Recta de carga para una resistencia de placa de 1 KΩ: Se calculan dos puntos de trabajo para dos intensidades de ánodo, por ejemplo, de 0 y 50 mA.

Para $I_a = 0$ mA. La tensión en la resistencia de carga es nula, pues al aplicar la ley de Ohm resulta $V_{Rc} = I_a \cdot R_c = 0 \cdot 1.000 = 0$; luego la tensión de salida, que es la anódica, valdrá:

$$V_a = 250 - V_{Rc} = 250 - 0 = 250 \text{ V}.$$

Para $I_a = 50$ mA. El voltaje entre extremos de R_c será:

$$V_{Rc} = I_a \cdot R_c = 0{,}050 \cdot 1.000 = 50 \text{ V},$$

y la tensión de salida será:

$$V_a = 250 - V_{Rc} = 250 - 50 = 200 \text{ V}.$$

Para el caso en que la resistencia de ánodo fuese 2 KΩ, con las intensidades anteriores de 0 y 50 mA, obtendríamos los siguientes puntos de trabajo:

$$\text{Si } I_a = 0 \text{ mA.} \quad V_{Rc} = I_a \cdot R_c = 0 \quad V_a = 250 - 0 = 250 \text{ V}.$$

$$I_a = 50 \text{ mA} \quad V_{Rc} = I_a \cdot R_c = 0{,}050 \cdot 2.000 = 100 \text{ V}.$$

$$V_a = 250 - 100 = 150 \text{ V}.$$

Uniendo entre sí los dos puntos hallados para cada valor de la resistencia de placa se obtienen las dos rectas de carga pedidas, que se representan en la figura Ap II-3.

2.º PROBLEMA:

$$\text{Amplificación} = \frac{R_c}{R_c + R_i} \cdot \mu = \frac{10}{10 + 5} \cdot 65 = 43{,}33$$

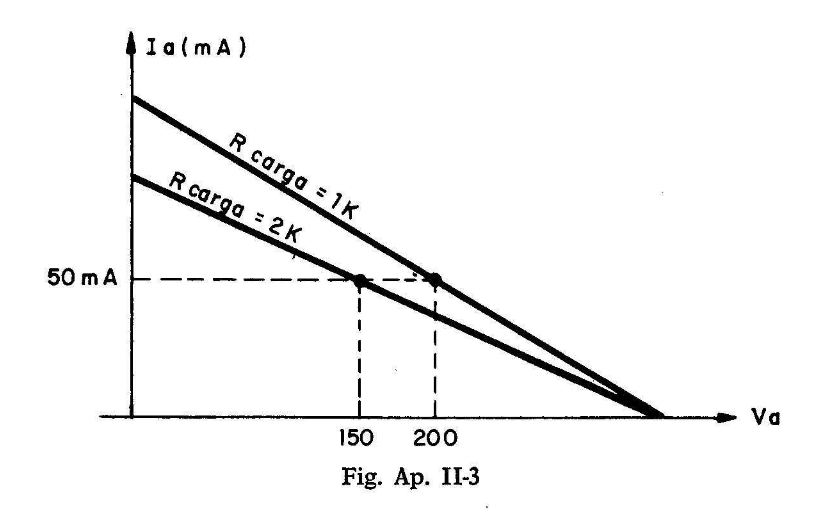


Fig. Ap. II-3

3.^{er} PROBLEMA

$$\text{Amplificación} = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} = 43{,}33$$

$$\Delta V_a = 43{,}33 \cdot V_g$$

$$\Delta V_a = 43{,}33 \cdot 1 = 43{,}33\ V$$

4.° PROBLEMA:

1.°) Para trazar la curva de máxima potencia se hallan varios de sus puntos y se unen. Se va a buscar 3 puntos de dicha curva determinando 3 intensidades y hallando las correspondientes tensiones para que la $P_{max} = 2{,}5$ W.

1) Si $I_a = 100$ mA. $P_{max} = 2{,}5 = 0{,}100 \cdot V_a$ $\quad V_a = \frac{2{,}5}{0{,}1} = 25$ V.

2) Si $I_a = 10$ mA. $\quad 2{,}5 = 0{,}010 \cdot V_a$ $\quad V_a = \frac{2{,}5}{0{,}01} = 250$ V.

3) Si $I_a = 50$ mA. $\quad 2{,}5 = 0{,}050 \cdot V_a$ $\quad V_a = \frac{2{,}5}{0{,}050} = 50$ V.

2.°) Todas las rectas de carga salen del mismo punto en abanico, con una inclinación dependiente del valor de la resistencia

de placa. El punto común de todas las rectas de carga es el de corte, o sea, aquél para el que $I_a = 0$ mA, siendo en este caso la tensión de salida igual a la de alimentación. En el presente problema dicho punto viene determinado en el gráfico por $I_a = 0$ y $V_a = 250$ V.

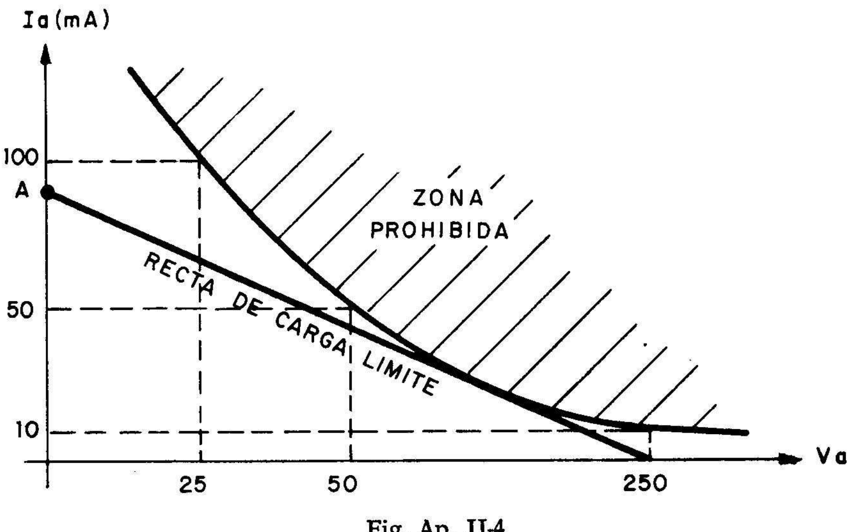


Fig. Ap. II-4

La recta de carga correspondiente a la resistencia mínima que se puede colocar sin que se atraviese la zona prohibida de la curva de máxima potencia será la tangente por la zona inferior a dicha curva, saliendo del punto común antes especificado, como se ha dibujado en la figura Ap II-5.

Para calcular el valor de la resistencia que corresponde a la recta de carga límite hay que fijarse en el punto A, que es el de corte con el eje de coordenadas en el que $V_a = 0$, lo que supone que toda la tensión de alimentación (250 V) queda en la resistencia de carga, cuyo valor desconocemos. Observando la intensidad que indica el punto A y llamándola I_A, el valor de la resistencia mínima será:

$$R_c = \frac{V}{I} = \frac{250}{I_a}$$

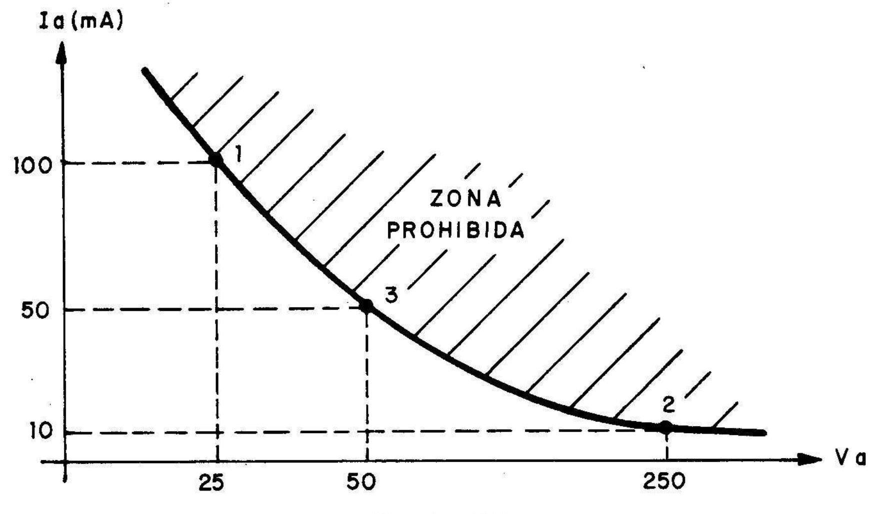


Fig. Ap. II-5

LECCION 4.ª

1.ª Pregunta: *b*
2.ª Pregunta: *c*
3.ª Pregunta: *b*
4.ª Pregunta: *b*
5.ª Pregunta: *c*

LECCION 5.ª

1.ª Pregunta: *b*
2.ª Pregunta: *a*
3.ª Pregunta: *c*
4.ª Pregunta: *b*

1.er PROBLEMA:

Como $R_K = 150\ \Omega$, la $X_{C_K} = 15\ \Omega$, es decir la décima parte. Conociendo X_{C_K} y aplicando su fórmula se calcula el valor del condensador C_K:

$$X_{CK} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1.000 \cdot C_K}$$

$$C_K = 0{,}000001 \text{ F.}$$

2.° PROBLEMA:

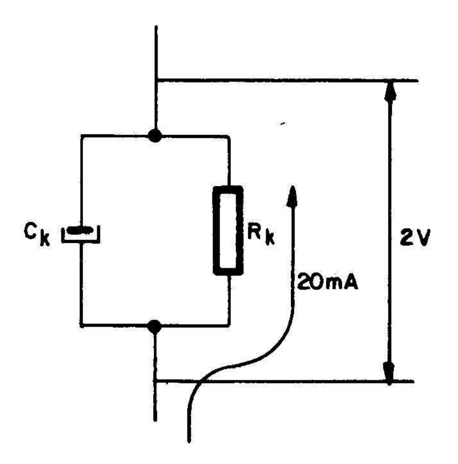


Fig. Ap. II-6

$$R_K = \frac{V}{I} = \frac{2}{0{,}020} = 100\ \Omega$$

$$X_{CK} = \frac{R_K}{10} = \frac{100}{10} = 10\ \Omega$$

$$X_{CK} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 10^6 \cdot C_K}$$

$$C_K = 0{,}0000000\,15\ \text{F.}$$

LECCION 6.ª

1.ª Pregunta: *c*
2.ª Pregunta: *c*
3.ª Pregunta: *c*
4.ª Pregunta: *c*
5.ª Pregunta: *c*

LECCION 7.ª

1.ª Pregunta: *c*
2.ª Pregunta: *b*
3.ª Pregunta: *a*
4.ª Pregunta: *c*
5.ª Pregunta: *b*

1.er PROBLEMA:

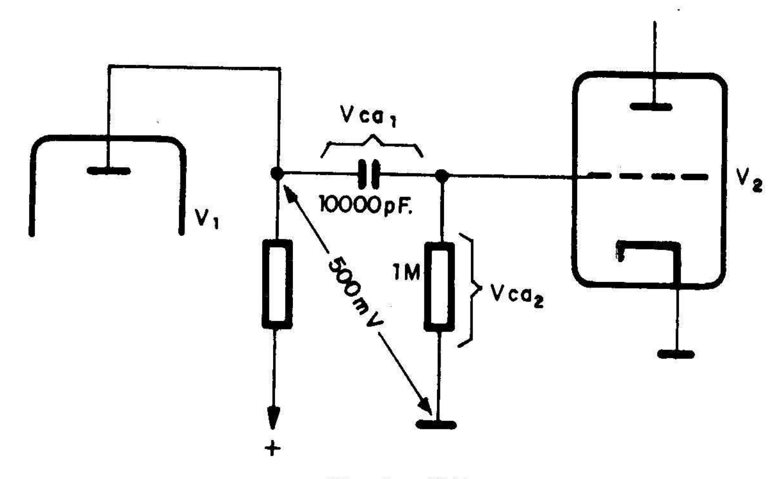


Fig. Ap. II-7

Los 500 mV se reparten entre el condensador, en el que quedará una tensión V_{ca1}, y la resistencia de 1 MΩ, en donde queda el resto y que denominaremos V_{ca2}. El reparto de tensión entre los dos componentes será proporcional al valor de sus resistencias, por lo que en principio se calculará la reactancia del condensador:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1.000 \cdot 10^4 \cdot 10^{-12}} = 15.920\ \Omega$$

Como los 500 mV se reparten proporcionalmente al valor de las resistencias R y C, queda:

$$V_{ca1} + V_{ca2} = 500$$

$$\frac{V_{ca1}}{15.920} = \frac{V_{ca2}}{1.000.000}$$

$$V_{ca1} = \frac{V_{ac2}}{1.000.000} \cdot 15.920 = 0{,}015\ V_{ca2}$$

$$0{,}015\ V_{ca2} + V_{ca2} = 500$$

$$1{,}015\ V_{ca2} = 500 \qquad V_{ca2} = \frac{500}{1{,}015} = 492\ mV.$$

LECCION 8.ª

1.ª Pregunta: *b*
2.ª Pregunta: *a*
3.ª Pregunta: *c*
4.ª Pregunta: *c*
5.ª Pregunta: *b*
6.ª Pregunta: *b*

LECCION 9.ª

1.ª Pregunta: *a*
2.ª Pregunta: *b*
3.ª Pregunta: *a*
4.ª Pregunta: *b*
5.ª Pregunta: *c*

LECCION 10.ª

1.ª Pregunta: *c*
2.ª Pregunta: *a*
3.ª Pregunta: *b*
4.ª Pregunta: *c*
5.ª Pregunta: *b*

APENDICE III

RELACION DE MATERIALES NECESARIOS PARA LA REALIZACION DE LAS PRACTICAS DE ESTE TOMO

1 altavoz de 4 ohmios.
1 transformador de salida de 2.400 ó 3.000 Ω de impedancia en el primario y de 4 Ω en el secundario (unos 4 W).
1 Condensador electrolítico de 25 μF, 16 V.
1 Resistencia de 150 Ω, 1 W.
2 Resistencias de 470 KΩ, 1/2 W.
1 Resistencia de 150 KΩ, 1/2 W.
1 Resistencia de 4 M 7, 1/2 W.
1 Resistencia de 1 M, 1/2 W.
1 Resistencia de 15 KΩ, 1 W.
3 Condensadores poliéster de 10.000 pF.
1 Condensador poliéster de 0,1 μF.
1 Condensador cerámico de 100 pF.
2 Portaconexiones de dos terminales.
1 Metro de cable blindado.
1 Potenciómetro lineal de 20 KΩ para TONO.
2 Botes o transformadores de F.I. para 470 KHz.

Cable, estaño, soldador, herramientas y el montaje ya realizado en el Tomo II.

NOTA: En este material no se incluyen los componentes para el montaje del amplificador en contrafase de la lección 6.ª de prácticas.

APENDICE IV

MANEJO DE UN POLIMETRO PROFESIONAL

Ya se explicaron en el tomo 1.° las instrucciones para el manejo de un polímetro de 1.000 Ω/V. También en aquel tomo se comentaron los errores que cometían los polímetros según su sensibilidad o sus Ω/V. Llegados a este punto del aprendizaje de la electrónica es conveniente conocer un polímetro de carácter profesional y que pueda emplearse de una manera generalizada. Se presenta un modelo sencillo, el C-7.205 EN de la casa Central, que posee una sensibilidad de 20 KΩ/V en c.c. y de 10 KΩ/V en c.a. En la figura Ap IV-1 (ver lámina aparte) se muestra el panel frontal de mandos y lectura de este aparato de medida.

El esquema de este polímetro se da en la figura Ap IV-2 (ver en lámina aparte) y el montaje de los componentes que forman el circuito interno, en la figura Ap IV-3.

ESCALAS DE MEDIDA DEL POLIMETRO C-7.205 EN (Central)

Voltaje c.c.: 5 - 25 - 125 - 500 - 1 KV (20.000 Ω/V).
Voltaje c.a.: 10 - 50 - 250 - 1.000 V (10.000 Ω/V).
Corriente c.c.: 50 μA y 250 mA.
Resistencia: De 0 a 60 KΩ y de 0 a 6 MΩ.
Decibelios: — 20 a 22 dB.

INSTRUCCIONES PARA EL USO DEL INSTRUMENTO

1) Voltaje y corriente continua:

Insértese la punta de prueba negra en el orificio marcado con «— COM» y la roja en el que pone «V — OHM — A».

Selecciónese la escala moviendo el selector hasta la posición escogida.

Para medir voltajes se conectan las puntas de prueba a través de la carga que se está midiendo. Las mediciones de corriente (sólo en c.c.) se efectúan con las puntas de prueba en serie con el circuito que se está ensayando.

Si se desconocieran el voltaje o la corriente a medir, colocar el selector en la escala más alta e ir bajando hasta obtener una lectura satisfactoria.

Para medir tensión continua en la gama de 1 KV insértese la punta de prueba negra en el orificio marcado por «—COM» y la punta roja en el que pone «1 KV».

Se recomienda extremar el cuidado al hacer medidas de voltaje o corriente en circuitos de alta tensión.

2) Voltaje alterno y decibelios:

Insértese la punta de prueba negra en el orificio «— COM» y la punta roja en el «V — OHM — A».

Seleccionar la escala haciendo girar el selector en la sección marcada por ACV.

Para mediciones de decibelios en circuitos de audio se colocan las puntas de prueba en la escala para medir 10 V de c.a., estando graduada una escala en el cuadro de lecturas desde — 20 hasta 22 dB y estando calibrada de forma que en la línea de 600 ohmios existe 0 dB con 1 milivatio de potencia.

3) Resistencias:

Insértese la punta negra en «— COM» y la roja en «V — OHM — A».

Selecciónese la escala pasando el conmutador a la posición de R × 10 para medir hasta 60 KΩ, o a la de R × 1 K para medir hasta 6 MΩ.

Realícese el ajuste a cero cortocircuitando las dos puntas de prueba y moviendo el potenciómetro «OHMS ADJ» hasta colocar la aguja encima de 0 ohmios.

Conecte las puntas de prueba a los extremos de la resistencia a medir y léase la escala aplicando el multiplicador correcto (× 10 o por 1.000).

Cuando se midan componentes en circuito asegúrese de que se ha cortado la corriente en el mismo y que uno de los extremos del componente está libre y desoldado.

Cuando al hacer el corto entre las dos puntas de prueba no se consigue hacer llegar a la aguja hasta el 0 ohmios cambiese la pila interna.

Cuando se traslade o no se use el aparato téngase mucho cuidado de poner el selector de escalas en la posición «OFF», que la preserva contra golpes y movimientos.

Con muy pocas variantes en cuanto a su manejo, pero con mayor número y extensión de escalas, se muestra en la figura Ap IV-4 (ver en lámina aparte) el modelo C-7202 EN de la misma casa.

Fig. T3-2

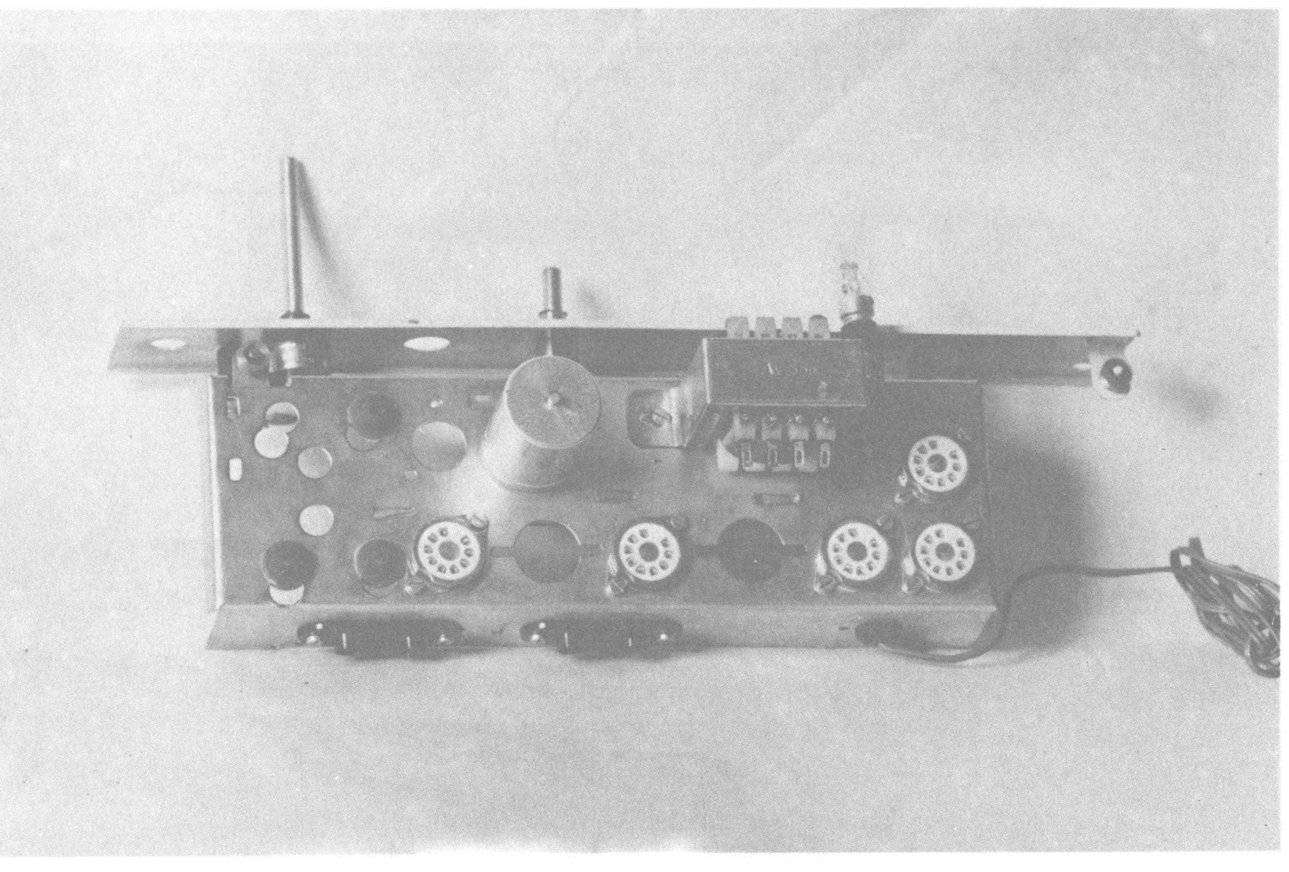
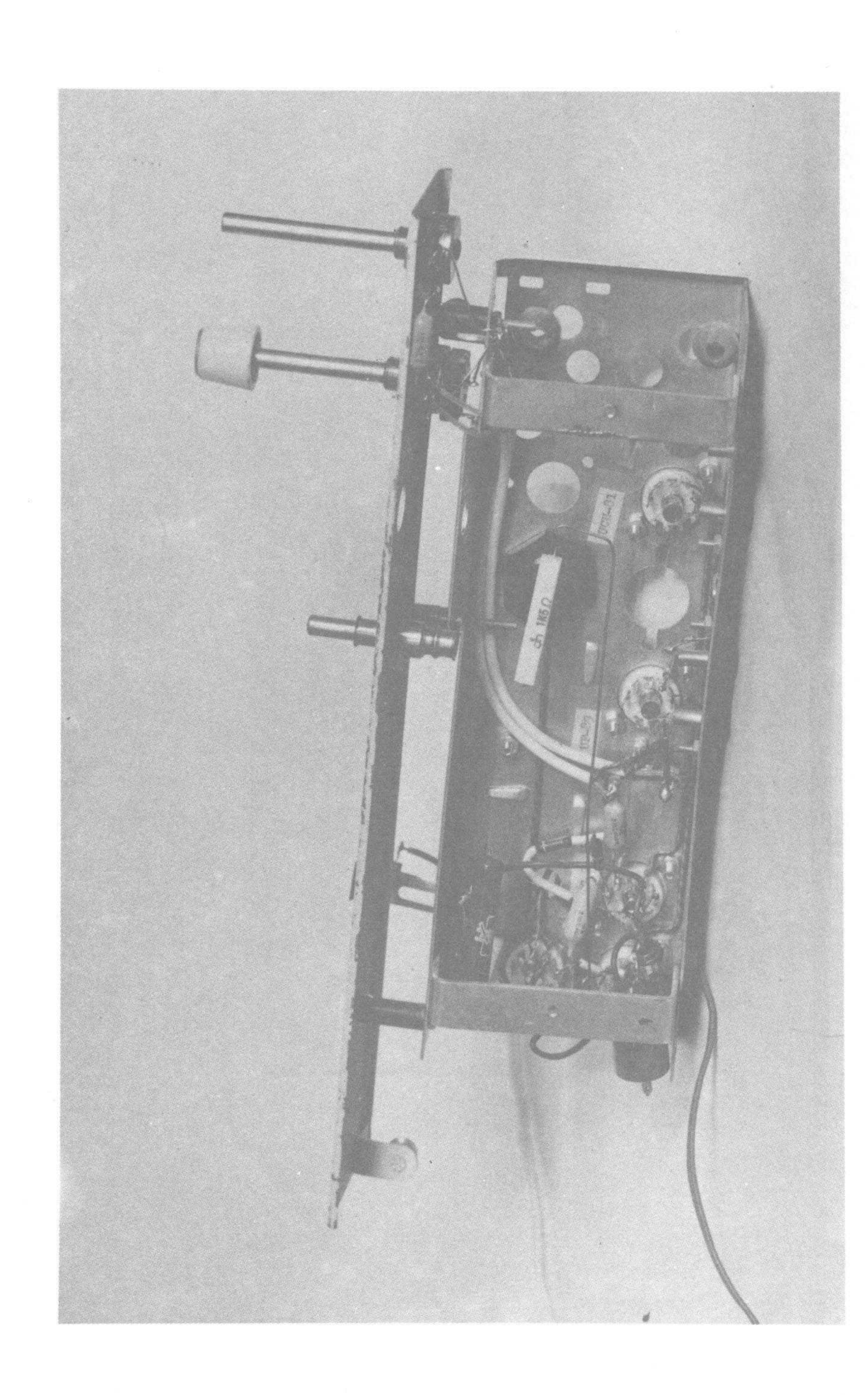


Fig. T3-3

Fig. T3-5

Fig. T4-3



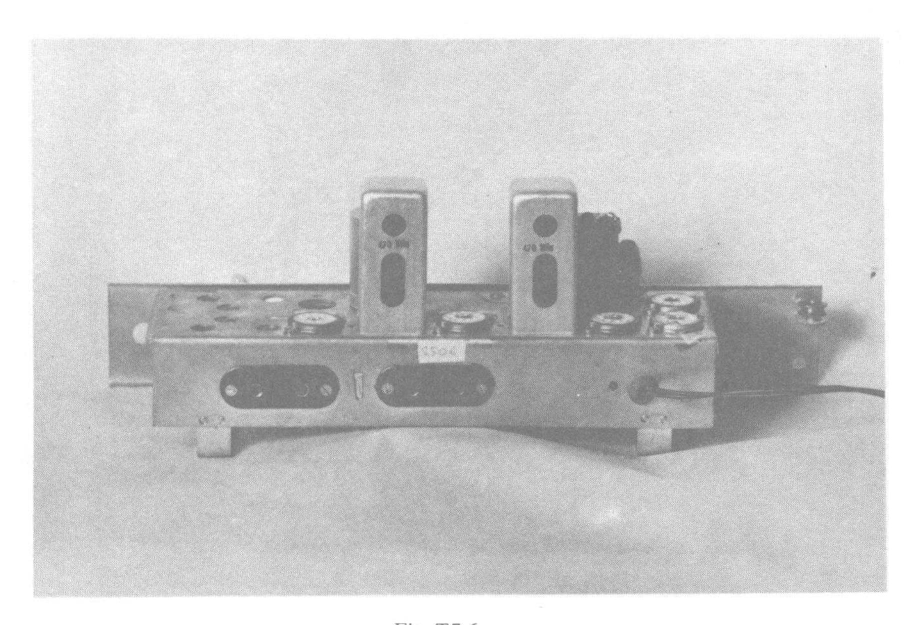


Fig. T7-6

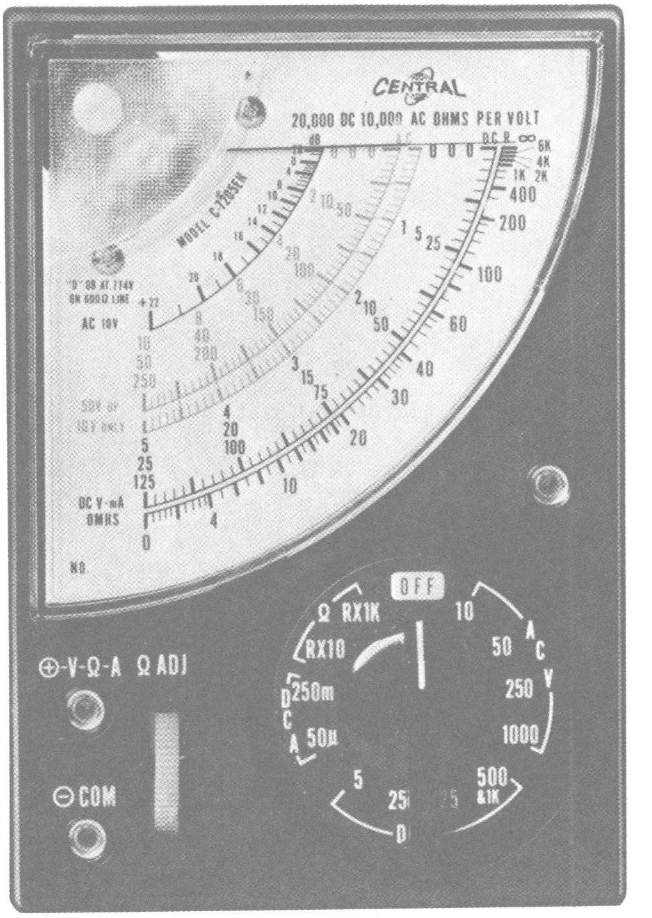


Fig. Ap. IV-1

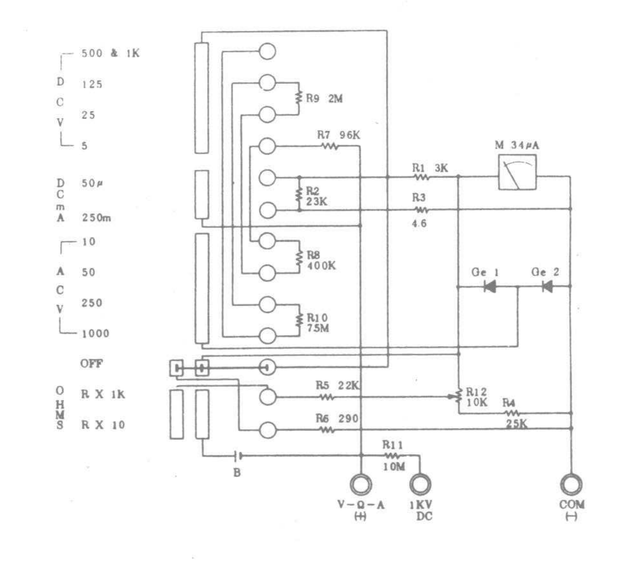
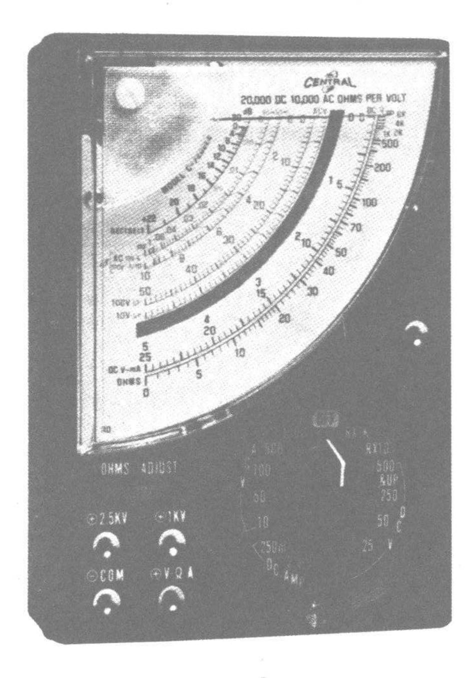


Fig. Ap. IV-2

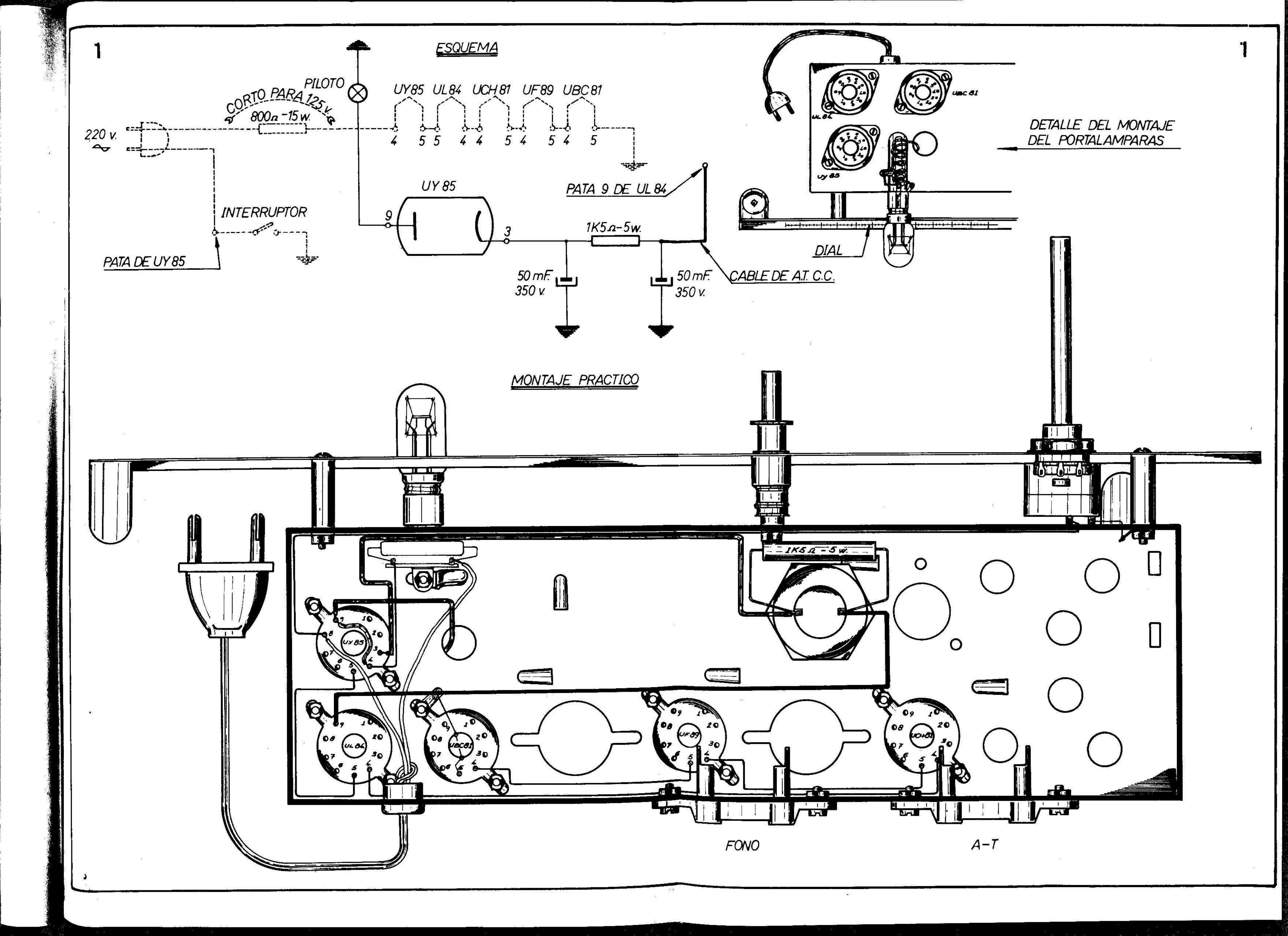


Fig. Ap. IV-3

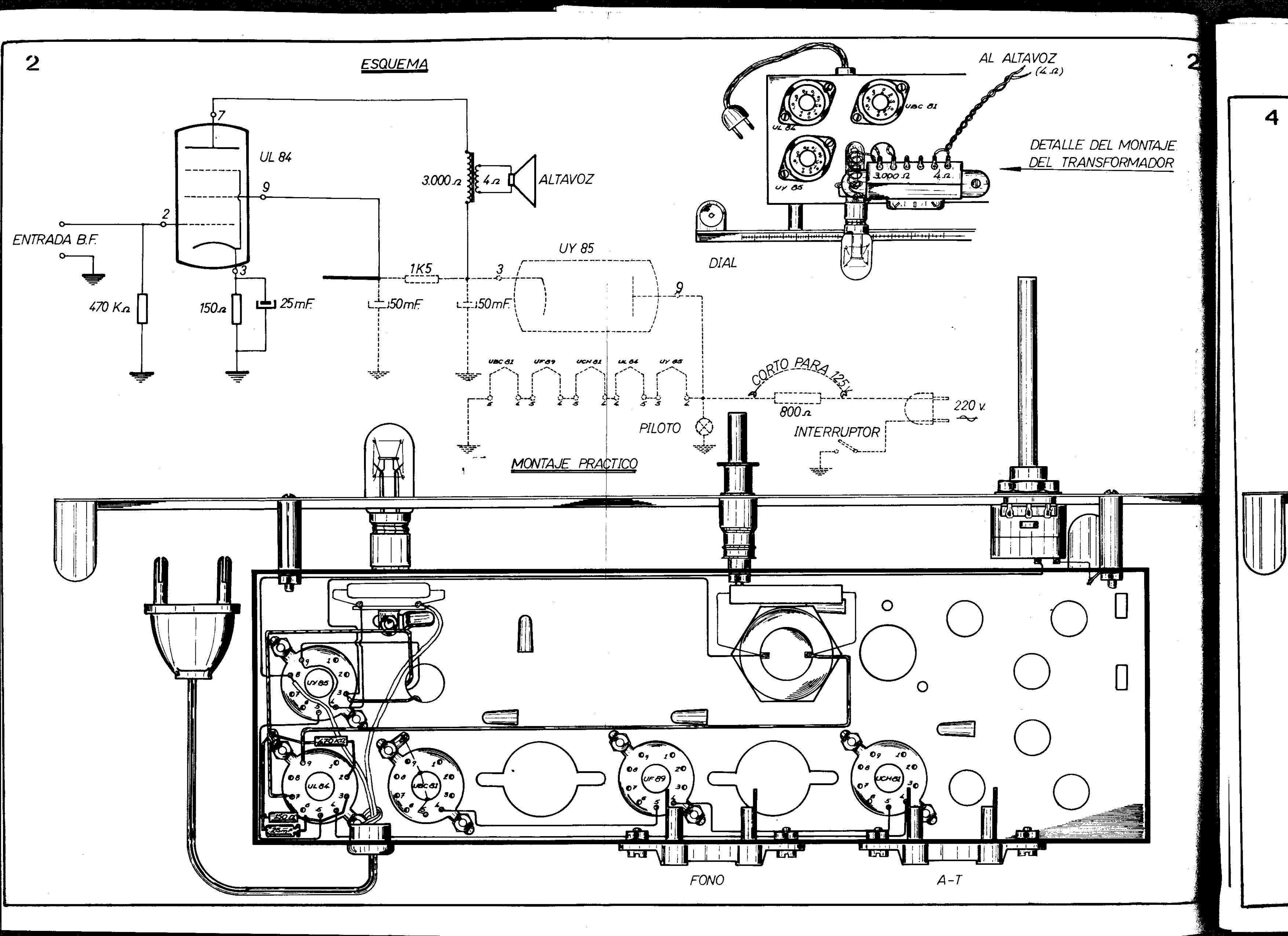


MODELO C-7202EN
20.000Ω/VDC-10.000Ω/VAC

Fig. Ap. IV-4

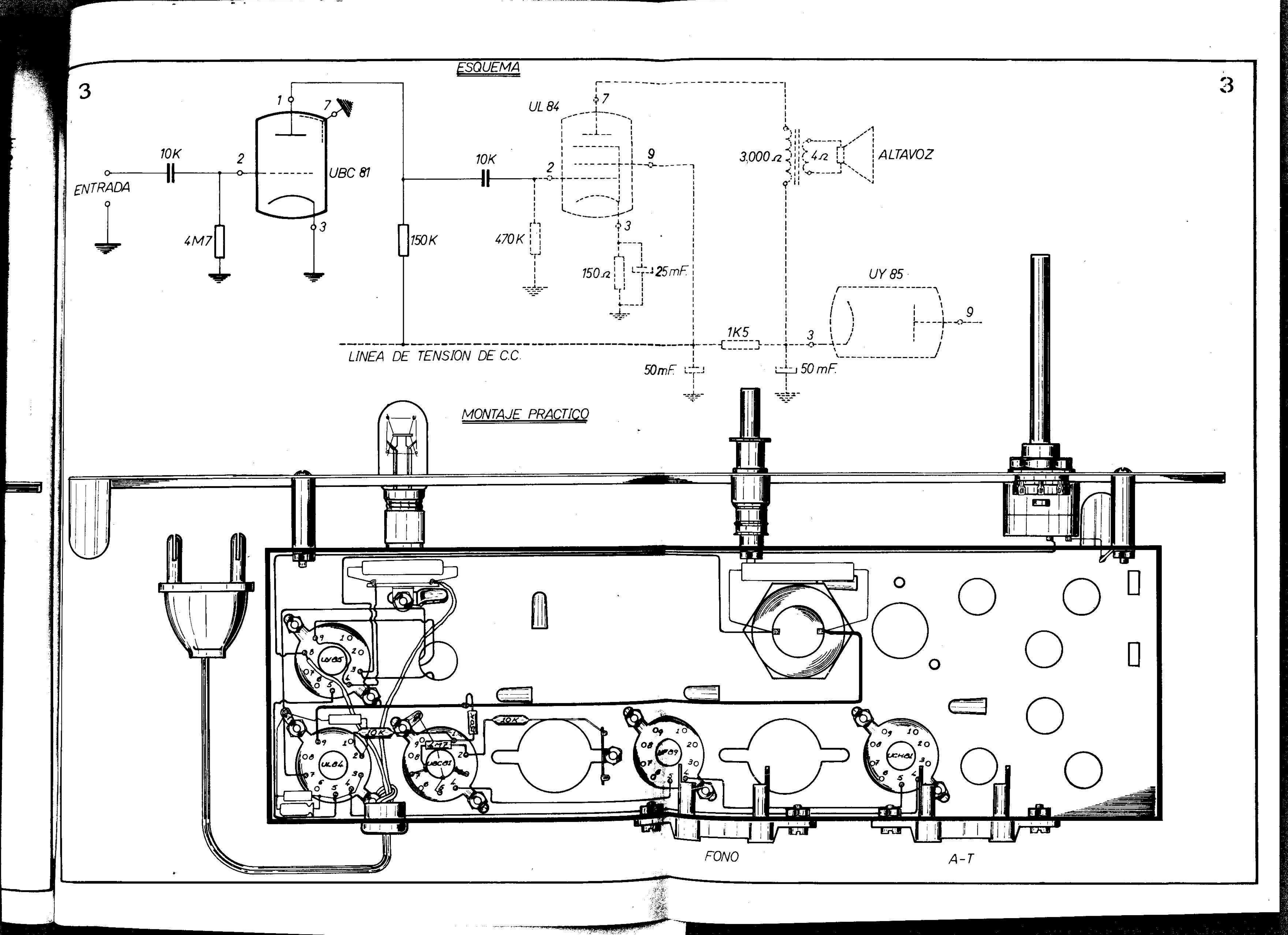

1
ESQUEMA
PILOTO
CORTO PARA 125 v.
800Ω -15 w.
220 v.
UY85 UL84 UCH81 UF89 UBC81
4 5 5 4 4 5 4 5 4 5
UY 85
9
3
INTERRUPTOR
PATA DE UY 85
PATA 9 DE UL 84
1K5Ω-5w.
50 mF.
350 v.
50 mF.
350 v.
CABLE DE AT. C.C.
DETALLE DEL MONTAJE
DEL PORTALAMPARAS
DIAL
MONTAJE PRACTICO
1K5Ω - 5 w.
FONO
A-T
1

ESQUEMA

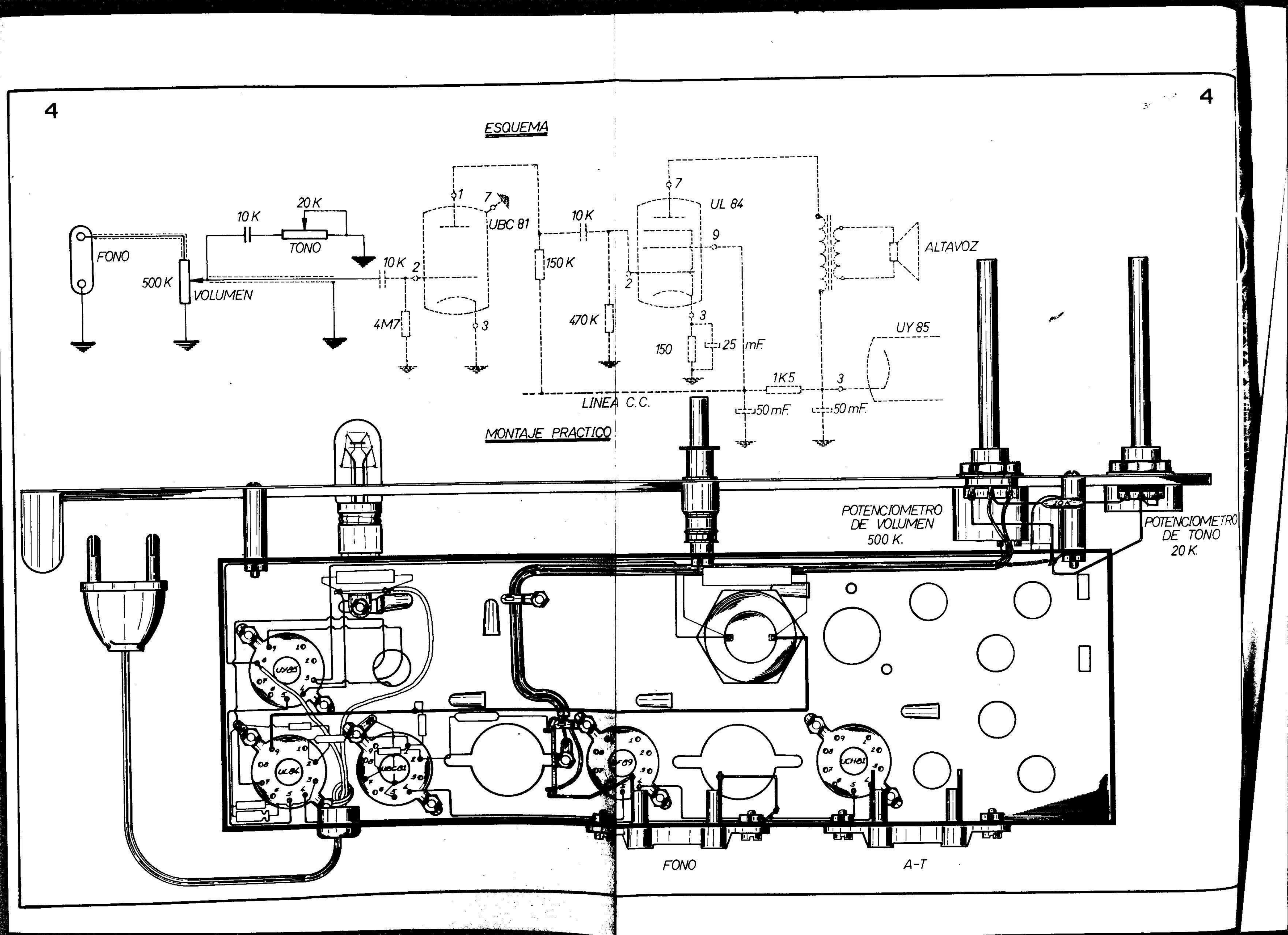


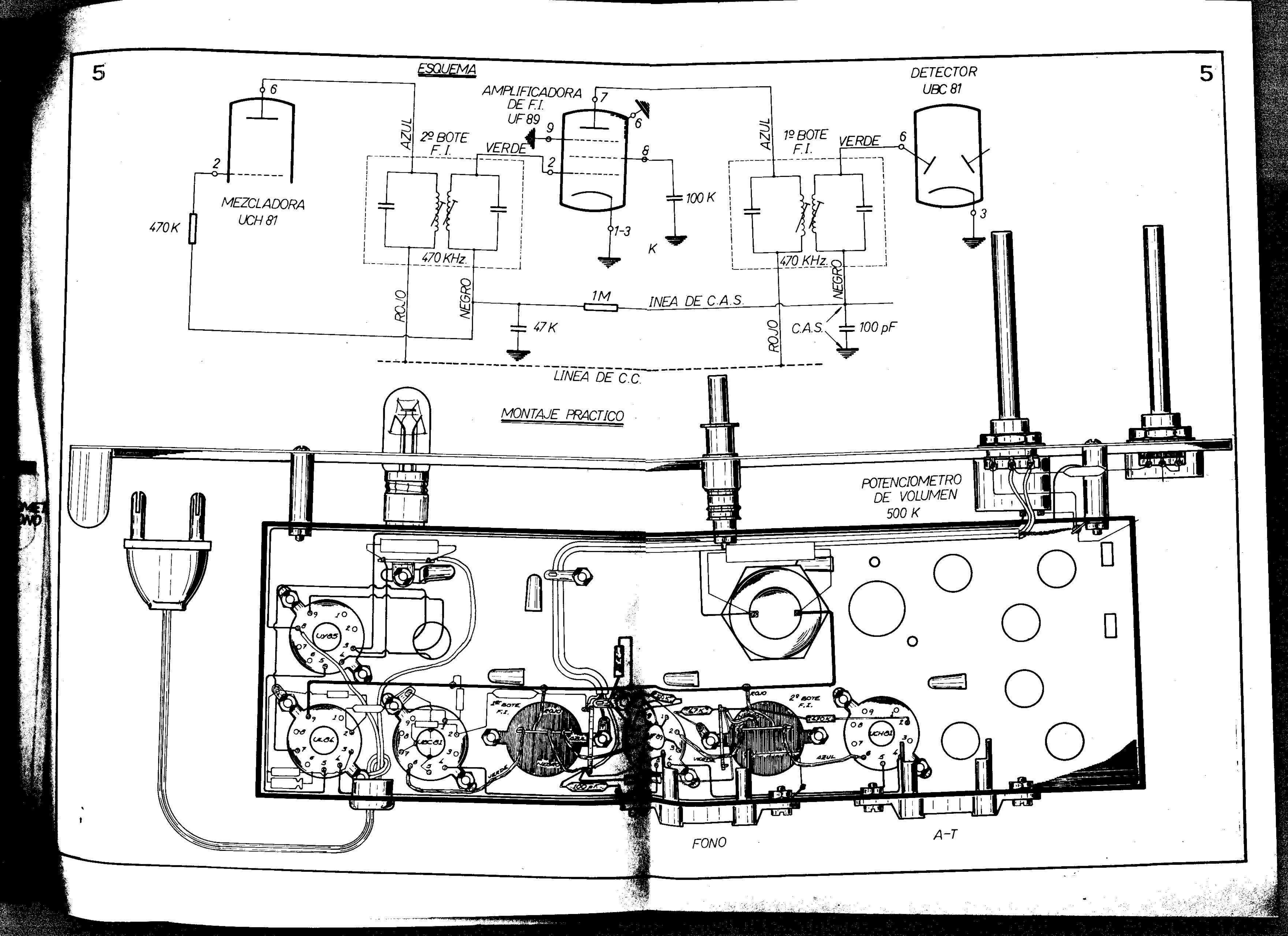
MONTAJE PRACTICO

DETALLE DEL MONTAJE DEL TRANSFORMADOR



3
ESQUEMA
3
ENTRADA
10K
4M7
UBC 81
150K
10K
470K
UL 84
150 Ω
25 mF.
3,000 Ω
4 Ω
ALTAVOZ
UY 85
1K5
LINEA DE TENSION DE C.C.
50 mF.
50 mF.
MONTAJE PRACTICO
FONO
A-T


ESQUEMA
FONO
500 K
VOLUMEN
10 K
20 K
TONO
10 K
2
4M7
1
7
UBC 81
3
150 K
10 K
470 K
2
7
UL 84
9
3
150
25 mF.
ALTAVOZ
UY 85
1K5
3
LINEA C.C.
50 mF.
50 mF.
MONTAJE PRACTICO
POTENCIOMETRO DE VOLUMEN 500 K.
POTENCIOMETRO DE TONO 20 K.
FONO
A-T



5
ESQUEMA
5
6
2
MEZCLADORA
UCH 81
470 K
AZUL
2º BOTE
F.I.
VERDE
470 KHz.
ROJO
NEGRO
AMPLIFICADORA
DE F.I.
UF 89
7
9
6
2
8
1-3
100 K
K
47 K
1M
INEA DE C.A.S.
LINEA DE C.C.
AZUL
1º BOTE
F.I.
VERDE
470 KHz.
NEGRO
ROJO
C.A.S.
100 pF
DETECTOR
UBC 81
6
3
MONTAJE PRACTICO
POTENCIOMETRO
DE VOLUMEN
500 K
FONO
A-T

ESQUEMA
MEZCLADORA
UCH 81
470 K
2
6
AMPLIFICADORA
DE F.I.
UF 89
2º BOTE
F.I.
AZUL
VERDE
470 KHz.
ROJO
NEGRO
47 K
1M
7
6
9
8
2
1-3
100 K
K
1º BOTE
F.I.
470 KHz.
INEA DE C.A.S.
C.A.S.
100 pF
DETECTOR
UBC 81
LINEA DE C.C.
MONTAJE PRACTICO
POTENCIOMETRO
DE VOLUMEN
500 K
FONO
A-T

ELECTRÓNICA FUNDAMENTAL

Esta obra, en 7 tomos, constituye un Curso Básico de Electrónica, tanto en el aspecto teórico como en el práctico, con el que se adquiere un conocimiento completo de lo que es la electrónica, desde las válvulas de vacío hasta los circuitos integrados e, incluso, los microprocesadores.

El curso completo consta de siete tomos y el temario teórico y práctico que contiene cada uno es el siguiente:

Tomo 1.– *Teoría:* Introducción a la Electrónica. Electricidad.
Práctica: Soldadura y montajes eléctricos. El aparato de medida. Componentes eléctricos y electrónicos.

Tomo 2.– *Teoría:* Fuentes de alimentación. Rectificadores y filtros.
Práctica: Características de las válvulas y diodos semiconductores. Montaje de fuentes de alimentación.

Tomo 3.– *Teoría:* Amplificadores.
Práctica: Sonido, altavoces y micrófonos. Características de las válvulas amplificadoras. Amplificadores de baja y alta frecuencia.

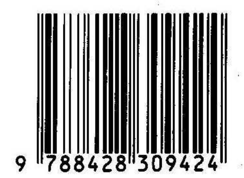
Tomo 4.– *Teoría:* Generadores de señales. Osciladores. Receptor superheterodino de A.M.
Práctica: Montajes, ajuste y averías de un receptor de radio.

Tomo 5.– *Teoría:* Diodos, transistores y semiconductores especiales.
Práctica: Experimentación y montajes sobre circuitos con transistores semiconductores especiales.

Tomo 6.– *Teoría:* Circuitos integrados digitales y analógicos. El microprocesador. Hardware y software del microprocesador 8085.
Práctica: Montajes y experimentación con circuitos integrados analógicos y digitales. Programación del microprocesador 8085.

Tomo 7.– Ofrece una amplia gama de problemas, sobre todos los temas que abarca la Electrónica Moderna.

ISBN 84-283-09





Magallanes, 25 - 28015 Madrid